

不同品种马铃薯生长及光合指标对干旱胁迫的反应

姚岭柏¹, 韩海霞^{1*}, 梁婷^{1,2}, 刘亚婷¹, 任琴¹

(1. 集宁师范学院生命科学与技术学院/集宁师范学院乌兰察布经济作物逆境生物学重点实验室, 内蒙古 乌兰察布 012000; 2. 长江大学农学院, 湖北 荆州 434023)

摘要: 为了探究本地主栽马铃薯品种的抗旱性, 以费乌瑞它和后旗红马铃薯品种为试材, 进行盆栽干旱胁迫处理, 研究了不同品种马铃薯产量、光合指标和水分利用率变化。结果表明, 干旱胁迫后 2 个品种的植株生长和产量均呈下降趋势, 其中费乌瑞它茎高和产量的降幅更明显, 而后旗红叶片数的降幅更明显, 费乌瑞它和后旗红的单株产量分别较对照下降 22% 和 17%; 干旱胁迫后 2 个品种的净光合速率显著下降 70% 以上, 下降幅度相近, 两者的气孔导度均明显下降, 胞间 CO₂ 浓度和水分利用率基本稳定, 但费乌瑞它的蒸腾速率明显下降 32%。说明干旱胁迫能够引起费乌瑞它和后旗红 2 个品种光合作用大幅度减弱, 气孔关闭, 且费乌瑞它蒸腾速率受抑制, 水分代谢更缓慢, 这与其产量减少有密切关系。

关键词: 干旱; 马铃薯; 生长; 净光合速率; 水分利用率

中图分类号: S532

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2024)02-0055-04

Different Varieties of Potato Growth and Photosynthesis Response to drought Stress

YAO Lingbai¹, HAN Haixia^{1*}, LIANG Ting^{1,2}, LIU Yating¹, REN Qin¹

(1. School of Life Science and Technology, Ji'ning Normal University/Key Laboratory of Economic Crop Stress Biology in Wulanchabu, Jining Normal University, Ulanqab 012000; 2. School of Agriculture, Yangtze University, Jingzhou 434023, China)

Abstract: In order to explore the local varieties of potato drought resistance, the pot experiments were done with materials of potato Favorite and Houqihong. The results showed, firstly, the height of Favorite and the leaves' number of Houqihong had more drop in them. The yield of Favorite fell 22% and 17% as more obvious yield of a plant were declining in the two varieties of potato, and in. Secondly, the net photosynthetic rate, transpiration rate and stomatal conductance of Favorite were significantly decreased, and the net photosynthetic rate and stomatal conductance of Houqihong potato were decreased, while the intercellular CO₂ concentration and water use efficiency were keep the control level both of them. Conclusion, yield of the two varieties showed decrease under drought stress, at the same time, the photosynthesis and water metabolism were inhibited. Favorite had a lower drought resistance comparing with Houqihong because of their lower transpiration rate and water metabolism slowed down.

Key words: Drought stress; Potato; Growth; Net photosynthetic rate; Water use efficiency

水资源匮乏是全球面临的问题, 是制约农业发展的关键性因素, 我国有大面积的土地处于干旱或半干旱地区。干旱胁迫是植物经常会面临的

主要逆境条件之一, 在农业生产上的危害非常显著。马铃薯 (*Solanum tuberosum*) 是世界第四大粮食作物, 属于典型温带植物, 对水分和高温敏感^[1-2], 因此, 在生产中马铃薯常受到干旱的威胁。研究发现, 内蒙古中西部春季雨量少, 以 10 mm 以下的降水为主, 且近 30 年降水呈波动下降趋势, 易造成马铃薯幼苗期干旱, 从而影响其产量与品质^[3]。因此, 苗期干旱已影响了马铃薯之都的马铃薯产量和品质指标, 亟待揭示干旱胁迫机理和克服途径。

植物栽培过程中光合作用与其产量密切相

收稿日期: 2020-09-08

基金项目: 国家自然科学基金项目(31860510); 集宁师范学院大学生创新创业训练计划项目(CXCY201811427014); 集宁师范学院教改课题项目(JGKT2019066)

作者简介: 姚岭柏(1979-), 男, 副教授, 硕士, 从事植物生态方面的研究。

通讯作者: 韩海霞, 女, 硕士, 副教授, E-mail: hanhaixia2007@163.com

关^[4-5],研究表明,干旱引起马铃薯生长缓慢,叶肉、茎细胞发生变化,光合作用减弱,同化产物积累减少,体内氧自由基增多,激素变化和抗氧化酶活性发生变化^[6-7]。但在干旱胁迫下,不同品种马铃薯表现不尽相同。在重度干旱胁迫下,费乌瑞它较冀张薯12号等3个品种马铃薯的耐旱指数更高^[8]。José等^[9]研究表明,马铃薯幼苗期受干旱后,给予复水处理其叶绿素相对含量能够逐渐上升,绿叶期增长后产量仍有增加的可能性,Li等^[10]关于克新一号的研究表明,苗期干旱时马铃薯保持较高的光合效率是马铃薯品种抗旱的重要生理原因。

本试验以乌兰察布市2个主栽马铃薯品种为试验材料,采用盆栽法进行干旱模拟试验,探究干旱胁迫对马铃薯光合指标的影响,为马铃薯的抗旱育种提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

后旗红马铃薯和费乌瑞它马铃薯均由乌兰察布市种子公司提供,后旗红为薯都乌兰察布市历史悠久的主栽品种,费乌瑞它为本地引进的栽培面积较稳定的主栽品种。

1.2 试验方法

1.2.1 育苗

将马铃薯种薯切成50 g的小块,每块具1~2个芽,铺平晾干。采用16 cm×16 cm塑料盆进行盆栽试验。盆土配方按照园土:有机肥=15:1的比例进行混合,再添加少量马铃薯专用复合肥混匀消毒装盆,每盆装等体积的土,播种深度8 cm,压实表层土,等量浇一次透水。设空白盆作为对照。测定初试盆土的田间最大持水量(23.74%),在出苗期间和幼苗生长期间采用正常土壤含水量,盆土含水量控制在65%~75%。出苗后每盆留

一株幼苗,当幼苗长到10 cm时,进行干旱处理。

1.2.2 干旱处理

待马铃薯幼苗株高达到10 cm时,进行干旱胁迫控水,以对照盆进行含水量测定,使盆土土壤相对含水量在45%~55%,保持2周,马铃薯幼苗表现出萎蔫等干旱症状。2个品种均进行相同的干旱处理。每处理4次重复,每重复25盆。以正常水分管理的马铃薯幼苗为对照。干旱0、7、14 d时测定植株的茎高和叶片数,结薯后采收,测定各处理产量。各处理记为:费CK、费干旱、后CK、后干旱。

1.2.3 指标测定

每个处理选择长势相同的马铃薯幼苗进行测试,测定叶片位置基本一致,采用拓普3051D型光合测定仪,测量时间为9:00~11:00,每个处理浓度随机选取10片叶片,测定的指标有:蒸腾速率、光合速率、胞间CO₂浓度、水分利用率、气孔导度。

植株持续干旱栽培,在0、7、14 d时测定植株茎高和叶片数,待到种植约2月时结薯,采收测定产量,统计茎高以植株主茎高度为准,叶片数以开展的叶片数为计。

1.2.4 数据处理

采用Microsoft Excel 2007与SPSS 22.0软件对数据进行处理。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫下不同品种马铃薯茎高和叶片数的比较

由图1可知,随着干旱时间的延长,费乌瑞它和后旗红马铃薯的茎高和叶片数的生长均受到抑制。其中,正常生长情况下,费乌瑞它的茎高增长46%,较后旗红的39%涨幅更大;但干旱胁迫后,与对照相比,7、14 d时费干旱依次增长6%和10%。而后干旱增长6%和7%,两个品种的茎高

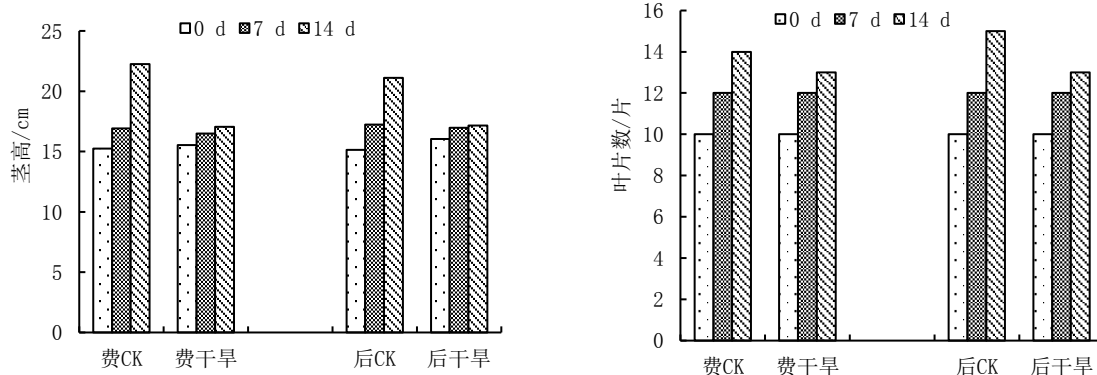
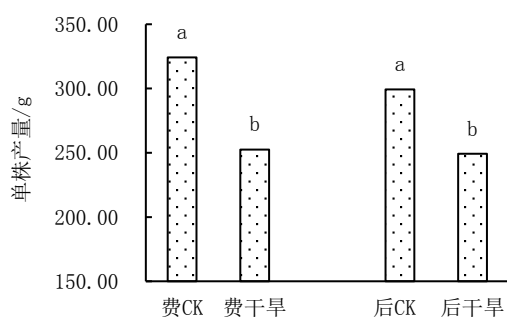


图1 不同干旱时间费乌瑞它和后旗红的茎高和叶片数

均呈低幅度的增长,但费乌瑞它受到的抑制作用更明显。随着干旱胁迫时间的延长,费乌瑞它和后旗红2个品种的叶片数均受到抑制,与对照相比,费干旱较对照降低10%,后干旱较对照降低20%。说明干旱胁迫后费乌瑞它马铃薯的茎高受抑制较明显,而后旗红马铃薯的叶片数受抑制较明显。两个品种存在一定差异。

2.2 干旱胁迫下不同品种马铃薯单株产量的比较

由图2可知,干旱胁迫下,费乌瑞它和后旗红马铃薯的单株产量均呈下降趋势,其中费乌瑞它



注:小写字母不同表示差异显著($P<0.05$),下同

图2 干旱胁迫下费乌瑞它和后旗红的单株产量

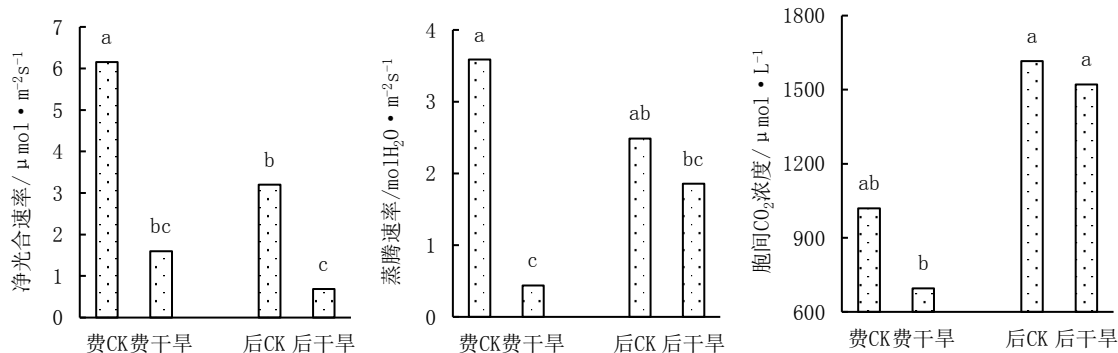


图3 干旱胁迫下费乌瑞它和后旗红的净光合速率、蒸腾速率和胞间 CO_2 浓度

2.4 干旱胁迫下不同品种马铃薯水分利用率和气孔导度的比较

由图4可知,不同品种马铃薯水分利用率和

和后旗红的单株产量分别较对照下降22%和17%,两者均较对照有显著差异。说明干旱胁迫下2个品种马铃薯单株产量均受到损失,其中费乌瑞它更明显。

2.3 干旱胁迫下不同品种马铃薯光合指标的比较

由图3可知,干旱胁迫下,费乌瑞它和后旗红马铃薯的净光合速率、蒸腾速率和胞间 CO_2 浓度均较对照有不同程度下降。正常生长状态下,费乌瑞它的净光合速率、蒸腾速率较后旗红品种高,而胞间 CO_2 浓度则较后旗红品种低,其中,费乌瑞它的净光合速率显著高于后旗红;干旱胁迫后,不同品种马铃薯的净光合速率均较对照呈显著降低,费乌瑞它和后旗红分别下降74%和78%,不同品种马铃薯蒸腾速率均较对照有下降,分别降低87%和25%,其中费乌瑞它的干旱处理与对照差异达到显著水平,干旱处理的胞间 CO_2 浓度分别较对照下降32%和6%,但与对照差异未达显著水平。说明正常生长状态下,费乌瑞它的光合效率较后旗红高,干旱胁迫后2个品种净光合速率下降幅度相近,两者胞间 CO_2 浓度基本稳定,但费乌瑞它的蒸腾速率明显下降。

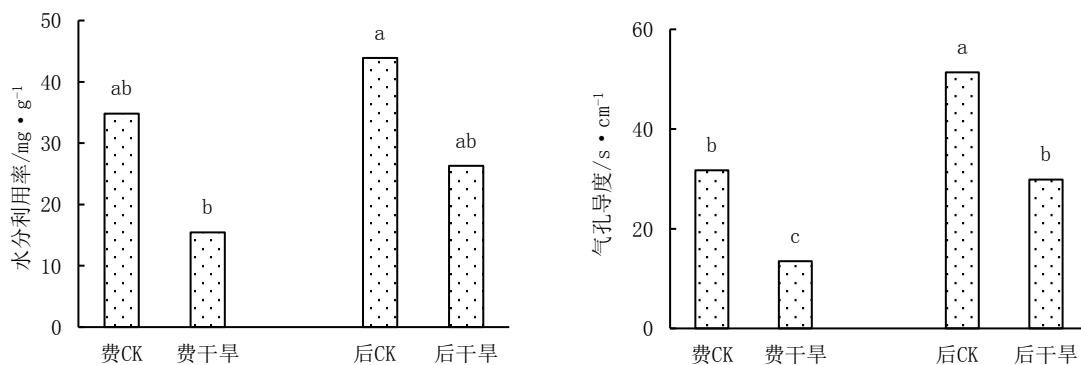


图4 干旱胁迫下费乌瑞它和后旗红的水分利用率和气孔导度

迫下,费乌瑞它和后旗红的水分利用率均有所下降,但均与对照差异不显著,2个品种的气孔导度较对照下降57%和42%,与对照差异达显著水平。说明正常生长状态下,后旗红的气孔导度较费乌瑞它大,干旱胁迫后,两品种气孔导度均显著下降,气孔关闭,但两品种在干旱前后水分利用率变化不显著。

3 结论与讨论

费乌瑞它和后旗红品种马铃薯在干旱后茎高、叶片数和单株产量均呈下降趋势,其中费乌瑞它茎高和产量的降幅更明显,而后旗红叶片数的降幅更明显。2品种的净光合速率和气孔导度均下降,费乌瑞它的蒸腾速率下降,胞间CO₂浓度、水分利用率均无明显变化。在连续干旱胁迫下,费乌瑞它和后旗红马铃薯的产量和光合指标均受到明显影响,与后旗红相比,费乌瑞它的蒸腾速率呈更低水平。

前人研究表明,植物受到不同的刺激后,其生长发育、光合作用、生理生化代谢均受到不同程度的影响,植物自身进行适应性调节^[4-6,9-10]。马铃薯受干旱胁迫后,常出现生长缓慢,叶片萎蔫发黄的形态,且不同品种的生长、光合效率和其他代谢受影响的程度不尽相同^[7-8,11-13]。在干旱胁迫下,虎头、高原7号、会-2等抗旱品种产量、光合能力均能保持较稳定的水平^[8,10-12]。费乌瑞它和后旗红是本地区的优良品种,在栽培中常遇到干旱,给予持续干旱后,2个品种马铃薯在形态指标方面利用减缓茎高和叶片数生长的方法,减小了植株的生长量,降低了呼吸和蒸腾消耗,但两者胞间CO₂浓度、水分利用率均能保持稳定,后旗红的蒸腾速率也能够保持稳定,说明后旗红马铃薯的水分代谢能够基本保持正常水平,而费乌瑞它则出现水分亏缺,两者的气孔均关闭,限制了CO₂吸收,进而导致净光合速率下降。这一规律与前人研究的结果相近^[8-11],表明在本试验的干旱胁迫下(土壤相对含水量在45%~55%),光合指标方面显示,后旗红品种较费乌瑞它具有更强的抗旱性。

本试验挑选本地区2个主栽品种进行干旱胁

迫下的光合指标比较,对揭示持续干旱胁迫马铃薯抗旱机理具有一定意义,后期还需从生理生化和蛋白质组学方面进一步研究,以期揭示品种间抗旱的更多机理,为抗旱育种提供理论依据。

参考文献:

- [1] Belanger G, Walsh J R. Tuber Growth and Biomass Partitioning of Two Potato Cultivars Grown under Different N Fertilization Rates With and Without Irrigation[J]. American Journal of Potato Research, 2001, 78: 109-117.
- [2] 抗艳红,龚学臣,赵海超,等.不同生育时期干旱胁迫对马铃薯生理生化指标的影响[J]. 中国农学通报, 2011, 27(15): 97-101.
- [3] 孙雪平,苏 筠.降水约束条件下的粮食生产适应度评价—以内蒙古乌兰察布市为例[J]. 干旱地区农业研究, 2016, 34(3): 234-239.
- [4] 赵许朋,刘 燕,魏加练,等.不同浓度 MeJA 对花头蓼光合和荧光特性的影响[J]. 东北农业科学, 2019, 44(4): 37-42, 109.
- [5] 陈 丽,贺 奇,王兴盛,等.不同直播栽培方式对水稻产量及其构成的影响[J]. 东北农业科学, 2020, 45(3): 10-14.
- [6] 张丽莉,王庆祥,石 瑛,等.干旱胁迫对马铃薯叶肉和茎部细胞超微结构的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2015, 46(1): 91-95.
- [7] 海梅荣,陈 勇,周 平,等.干旱胁迫对马铃薯品种生理特性的影响[J]. 中国马铃薯, 2014, 28(4): 199-204.
- [8] 李 鑫,孙 超,毕真真,等.不同干旱水平对马铃薯光合特性和耐寒性的影响[J]. 植物生理学报, 2019, 55(8): 1197-1210.
- [9] José L Rolando, David A Ramírez, Wendy Yactayo, et al. Leaf greenness as a drought tolerance related trait in potato (*Solanum tuberosum* L.)[J]. Environmental & Experimental Botany, 2015, 110: 27-35.
- [10] Li Jianhui, Cang Zhenming, Jiao Feng, et al. Influence of drought stress on photosynthetic characteristics and protective enzymes of potato at seedling stage[J]. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 2017, 16(1): 82-88.
- [11] 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.
- [12] 韩忠才,张胜利,徐 飞,等.雾培马铃薯产量性状相关性分析[J]. 东北农业科学, 2018, 43(6): 36-39.
- [13] 薛占奎,陈 军,洪一前,等.不同垄作覆膜方式及氮、钾肥料配施对马铃薯农艺性状及产量的影响[J]. 东北农业科学, 2018, 43(1): 9-12.

(责任编辑:王 昱)