

中图分类号: S532; S318 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2012)02-0076-04

栽培生理

马铃薯叶片水分利用效率及相关生理性状研究

马丽娜, 王凤义*, 石 瑛, 吴艳倩, 张瑞婷

(东北农业大学, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘 要: 试验于 2011 年在哈尔滨东北农业大学香坊试验实习基地进行, 以 4 个马铃薯品种为材料, 通过盆栽控水试验对马铃薯的叶片水分利用率(LWUE)及与其相关生理性状进行研究。结果表明, 在水分胁迫下参试品种的叶片水分利用效率均表现为花期 > 蕾期 > 苗期 > 收获期, 且品种间叶片水分利用率差异显著。光合速率、蜡质、可溶性糖含量与 LWUE 呈极显著正相关。蒸腾速率、胞间二氧化碳浓度与 LWUE 呈显著负相关, 气孔导度与 LWUE 呈极显著负相关。

关键词: 马铃薯; 盆栽; 水分胁迫; 叶片水分利用率

Water Use Efficiency and Related Physiological Indicators in Potato Leaves

MA Lina, WANG Fengyi*, SHI Ying, WU Yanqian, ZHANG Ruiting

(Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030, China)

Abstract: The correlations between leaf water use efficiency and related physiological indicators were studied with four potato varieties in the experimental farm of Northeast Agricultural University, Harbin in 2011. The experimental results indicated that the leaf water use efficiency of four potato varieties appeared high at flower stage, and then followed by bud stage, seedling stage and harvest stage under moderate water stress. There were significant differences in leaf water use efficiency among varieties. Leaf water use efficiency was positively and highly significantly correlated with photosynthetic rate, wax content and soluble sugar content, while leaf water use efficiency was negatively and significantly correlated with transpiration rate and intercellular CO₂ concentration, and negatively and highly significantly correlated with stomatal conductance.

Key Words: potato; pot experiment; moderate water stress; leaves water use efficiency

水分利用效率(Water use efficiency, WUE)是目前我国农业研究的一个前沿课题。特别是随着人们对资源可持续利用的重视, 如何提高水在农业生产中的利用效率就成为了一个重要课题。筛选培育水分利用率高的作物品种, 达到高效生物节水目的, 是抗旱节水的一个重要途径。马铃薯大多数都种植在比较干旱的地区, 因此关于水分消耗和产量之间的定量关系就成为研究的热点。WUE 是实现高效用水的核心和潜力所在, 是一个复杂的综合性指标, 可分为群体水平、单株水平和单叶水平的WUE, 其中, 单叶 WUE 是提高大田

水分利用效率的生理基础^[1]。叶片水分利用效率是由叶片光合速率和蒸腾速率所决定的, 这就意味着任何影响叶片光合速率和蒸腾速率的因素都会影响 LWUE^[2]。本试验利用 4 个马铃薯品种对 LWUE 与多个抗旱节水有关的生理性状的关系进行了研究, 旨在探讨 LWUE 与其它抗旱节水生理性状的相关关系, 以期马铃薯抗旱节水育种提供更多的有用信息。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以在预备试验中筛选出水分利用率相对较高的

收稿日期: 2011-10-03

基金项目: 现代农业产业技术体系专项资金资助 [Supported by China Agriculture Research System(CARS-10)]。

作者简介: 马丽娜(1986-), 女, 硕士研究生, 研究方向为马铃薯遗传育种。

* 通信作者(Corresponding author): 王凤义, 教授, 主要从事马铃薯遗传育种和栽培生理方向的研究, E-mail: fywang@vip.sina.com。

马铃薯品种新大坪、陇薯 3 号和定薯 1 号为材料, 水分利用率较低的克新 19 号作为对照。

1.2 试验方法

盆栽控水试验: 2011 年 5 月 13 日播种, 盆栽所用塑料盆高 27 cm, 内径 29 cm, 每盆装风干土 10 kg, 每盆施尿素 4 g, 磷酸二铵 $[(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4]$ 4 g, 硫酸钾 (K_2SO_4) 2 g。采用称重法^[3]控制土壤水分。试验分为水分胁迫(WS 土壤相对含水量 50%)和正常灌水(W 土壤相对含水量 70%~80%) 2 个处理, 每品种每处理 32 盆, 试验容量为 $32 \times 4 \times 2 = 256$ 盆。

1.3 指标测定

分别在苗期(6 月 1 日)、蕾期(6 月 20 日)、花期(7 月 15 日)、收获期(8 月 20 日)用美国产 LI-6400 光合仪测定马铃薯倒四叶顶小叶的光合速率($\mu\text{mol}/\text{s}/\text{m}^2$), 蒸腾速率($\text{mmol}/\text{s}/\text{m}^2$)、气孔导度($\text{mmol}/\text{s}/\text{m}^2$)、胞间二氧化碳浓度(mol/L), 同时计算出叶片水分利用效率(光合速率/蒸腾速率, $\mu\text{mol}/\text{mmol}$)。蜡质含量(mg/g)的测定参照 Huang 等^[4]的方法。相对含水量的测定, 每品种 3 片叶片, 称鲜重(Wf)后, 放入装有蒸馏水 50 mL 的大试管中, 黑暗浸泡 24 h 后取出, 擦干表面水分称重(Wt), 置烘箱 105℃下杀青 30 min, 后在 80℃下烘干至恒重, 称干重(Wd); 叶片相对含水量(%) = $(\text{Wf} - \text{Wd}) \times 100 / (\text{Wt} - \text{Wd})$; 可溶性糖(mg/g)采用苯酚比色法^[5]。

1.4 数据分析

利用 Excel 和 DPS 做数据处理, 本试验采用

DPS(Data processing system)统计分析软件, 对参试马铃薯品种水分利用效率进行 F 测验, 且所有图的分析结果基于水分胁迫下 4 个马铃薯品种在 4 个时期的数据, 采用直线相关分析。

2 结果与分析

2.1 马铃薯品种间 LWUE 的比较分析

由表 1 可知, 无论是在正常灌水还是在水分胁迫下 4 个马铃薯品种的 LWUE 均表现为花期 > 蕾期 > 苗期 > 收获期。但不同品种对水分胁迫的反应不同, 正常灌水条件下新大坪在苗期、蕾期、花期 3 个时期的 LWUE 最高, 陇薯 3 号最低。水分胁迫下, 与同时期正常灌水的 LWUE 相比新大坪还是最高, 陇薯 3 号次之, 克新 19 最低, 这说明马铃薯品种新大坪和陇薯 3 号对水分亏缺的适应能力比克新 19 和定薯 1 号要强。另外, 无论在哪个生育时期 4 个马铃薯品种在水分胁迫下的 LWUE 都大于正常灌水的 LWUE, 这表明马铃薯可以通过提高 LWUE 来适应干旱胁迫。通过做方差分析 F 测验, 在正常灌水条件下, 参试马铃薯品种 4 个时期水分利用效率的 $F = 1.85 < F_{0.05} = 2.82$, 表明 4 个马铃薯品种间叶片水分利用效率差异不显著, 说明在充足水分供应的前提下, 品种间并不会表现出显著的差异, 此时水不是限制生长发育的因子。然而在中度水分胁迫下马铃薯品种的 $F = 3.25 > F_{0.05} = 2.82$, 说明参试的 4 个马铃薯品种在中度水分胁迫下水分利用率差异显著, 表明在水分亏

表 1 马铃薯品种间叶片水分利用率的差异($\mu\text{mol}/\text{mmol}$)

Table 1 Differences in leaf water use efficiency among varieties tested

品种 Variety	正常灌水条件 Irrigation condition				水分胁迫 Drought condition			
	苗期 Seedling stage	蕾期 Bud stage	花期 Flower stage	收获期 Harvest stage	苗期 Seedling stage	蕾期 Bud stage	花期 Flower stage	收获期 Harvest stage
克新 19 号 Kexin 19	3.94	4.49	4.56	2.57	4.26	4.56	5.09	2.44
陇薯 3 号 Longshu 3	3.87	4.08	4.44	3.02	4.78	4.86	5.56	2.86
定薯 1 号 Dingshu 1	4.03	4.32	4.52	3.11	4.46	4.70	5.36	1.64
新大坪 Xindaping	4.97	5.67	6.88	2.99	5.38	6.44	7.67	2.18

缺时, 品种对有限水分利用的潜能得到了表达。

2.3 马铃薯叶片水分利用效率与各生理指标的关系

2.3.1 马铃薯叶片水分利用效率与光合速率的关系

光合速率是影响 LWUE 的主要因子, 由图 1 可知: 马铃薯叶片光合速率相对值与其对应的

LWUE 的坐标点分布于直线两侧, 它们的相关系数达 $0.743 > r_{14, 0.01} = 0.623$, 证明光合速率与 LWUE 呈极显著正相关。

2.3.2 马铃薯叶片水分利用效率与蒸腾速率的关系

蒸腾速率是影响叶片水分利用率的又一重要因

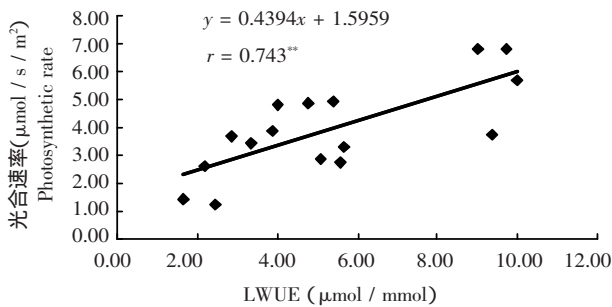


图1 叶片水分利用效率与光合速率的关系

Figure 1 The correlation between leaf water use efficiency and photosynthetic rate

子,从图2可以看出:叶片蒸腾速率相对值与其对应的 LWUE 的坐标点分布在直线两侧,二者的相关系数为 -0.552 ,其绝对值 $0.552 > r_{14,0.05} = 0.497$,两者显著负相关。

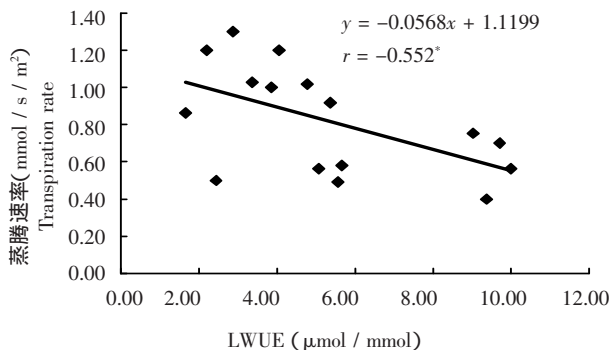


图2 叶片水分利用效率与蒸腾速率的关系

Figure 2 The correlation between leaf water use efficiency and transpiration rate

2.3.3 马铃薯叶片水分利用效率与气孔导度的关系

气孔是植物叶片的主要器官,叶片表面的气孔是调控植物体内水分向体外蒸散和 CO_2 进入植物体内主要通道。由图3可知:马铃薯叶片水分利用效率与气孔导度呈极显著负相关,相关系数绝对值为 $0.825 > r_{14,0.01} = 0.623$ 。说明气孔导度与 LWUE 关系密切,是影响马铃薯 LWUE 的重要因子。

2.3.4 马铃薯叶片水分利用效率与胞间 CO_2 的关系

由图4可看出胞间 CO_2 浓度与 LWUE 关系密切,呈显著负相关,相关系数绝对值 $0.567 > r_{14,0.05} = 0.497$ 。

2.3.5 马铃薯叶片水分利用效率与蜡质的关系

植物叶片表皮蜡质可以限制非气孔的水分散失,对保持叶片水分含量起着重要的作用。由图5

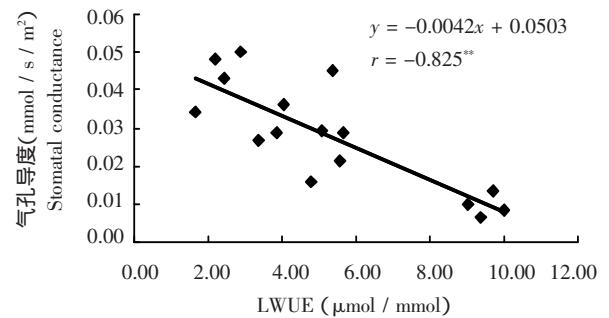


图3 叶片水分利用效率与气孔导度的关系

Figure 3 The correlation between leaf water use efficiency and stomatal conductance

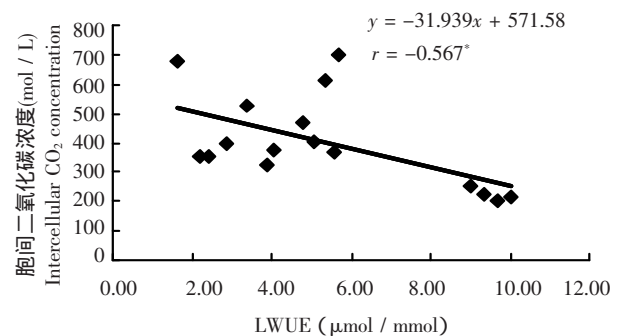


图4 叶片水分利用效率与胞间二氧化碳浓度的关系

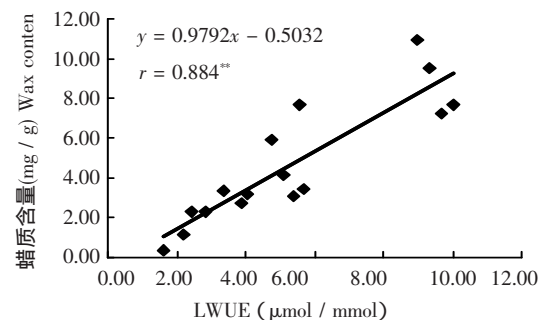
Figure 4 The correlation between leaf water use efficiency and intercellular CO_2 concentration

图5 水分利用效率与蜡质的关系

Figure 5 The correlation between leaf water use efficiency and wax content

可知:蜡质与 LWUE 呈极显著正相关,相关系数 $0.884 > r_{14,0.05} = 0.623$ 。因此蜡质含量可作为衡量作物品种水分利用率高低的生理指标之一。

2.3.6 马铃薯叶片水分利用效率与可溶性糖的关系

从图6可以看出叶片可溶性糖含量的相对值与其对应的 LWUE 的坐标点位于直线两侧,相关系数为 $0.766 > r_{14,0.05} = 0.623$ 。表明可溶性糖含量相对值与 LWUE 呈极显著正相关。因此笔者认为叶片可溶

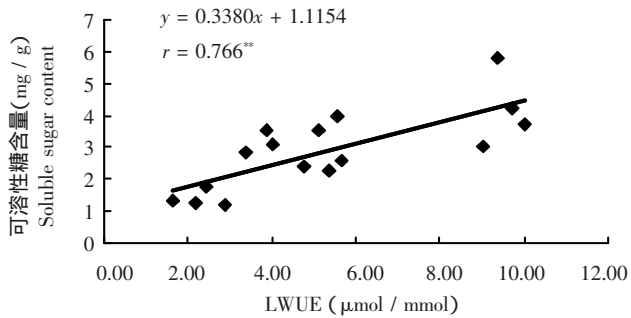


图6 叶片水分利用效率与可溶性糖的关系

Figure 6 The correlation between leaf water use efficiency and soluble sugar content

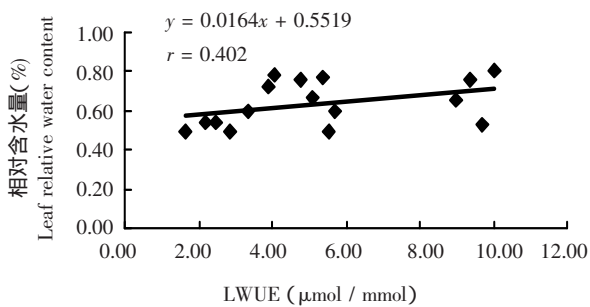


图7 叶片水分利用效率与相对含水量的关系

Figure 7 The correlation between leaf water use efficiency and leaf relative water content

性糖含量高低可作为衡量叶片水分利用率水平的又一生理指标。

2.3.7 马铃薯叶片水分利用效率与叶片相对含水量的关系

由图7可知：叶片相对含水量与 LWUE 呈正相关但不显著，相关系数 $0.402 < r_{14,0.05} = 0.497$ 。所以叶片相对含水量与 LWUE 的关系有待进一步研究。

3 讨论

3.1 不同马铃薯品种间 LWUE 的差异

20 世纪 80 年代以前，对于作物品种间 WUE 是否存在差异一直是有争议的问题，80 年代以后，大量研究表明，同一作物不同品种间 WUE 存在差异^[6-8]，但是，植物水分利用效率是一个十分复杂的问题，不仅与作物自身的遗传物质基础和一系列的生理生化及形态指标密切相关，还受众多外界因素及植物自身与环境互作的共同影响^[9]。

本试验表明，水分胁迫程度在土壤相对含水量为 50% 时，马铃薯品种间 LWUE 存在显著差异。在

正常灌水条件下种间差异并不明显，而在水分胁迫下这种差异就显现出来，且不同品种 LWUE 的变化幅度各不相同。笔者认为，作物 LWUE 在品种间存在差异，这种差异不但受植物自身遗传因素的影响，同时还受到遗传和环境因素的共同影响。当作物处于不同的环境中时，控制 LWUE 的基因的表达方式或表达量不同，从而在干旱胁迫条件下的作物通过提高自身的 LWUE 来适应这种逆境。

3.2 LWUE 与各生理指标的相关性

近年来，研究者对植物 WUE 的重视逐年增加，同时水分利用效率测定方法不断发展，对水分利用效率的研究也不断地增多，研究广度和深度也在不断地提高。其中，关于品种间 LWUE 与各生理指标关系的研究较为重视。

本试验就不同水分处理条件下马铃薯 LWUE 与生理生化指标的相关性进行研究。马铃薯叶片水分利用效率直接决定于光合速率与蒸腾速率，所以二者与 LWUE 相关性显著也是毋庸置疑的。气孔对植物的蒸腾强度和光合作用等生理过程有重要影响，同时也对光合和蒸腾进行优化调控，所以气孔导度对 LWUE 存在较大的影响，实验结果也表明，气孔导度与 LWUE 呈极显著负相关。有研究表明，气孔结构周围的蜡质也在影响气孔蒸腾，植物叶片表皮蜡质可以限制非气孔的水分散失，对保持叶片水分含量起着重要的作用，从而可以推断蜡质对植物 LWUE 也可产生影响，本试验也证明了这点。 CO_2 是植物进行光合作用的主要原料，其胞间二氧化碳浓度的高低是影响光合速率的一个重要因素，同时也是影响 LWUE 的一个重要因素。胞间二氧化碳浓度对 LWUE 的影响是因为在中度水分胁迫条件下作物光合速率降低导致胞间二氧化碳浓度升高，而胞间二氧化碳浓度升高又对光合作用产生反馈抑制作用，从而间接的对作物 LWUE 产生影响。水分胁迫条件下可溶性糖对植物的保护作用已被众多研究者证实^[10-11]。因为细胞内可溶性糖含量增加，可以降低原生质的渗透势，有利于细胞从外界水势降低的介质中继续吸水，以维持其正常的代谢活动，从而增加植物体的抗旱力。因此这 6 个生理性状与 LWUE 关系密切，可作为判断水分利用率高低的指标。叶片相对含水量与 LWUE 呈正相关，但不显著，因此它不是影响 LWUE 的主要因素。

中图分类号: S532; S318 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2012)02-0080-04

马铃薯节水栽培模式试验研究

陈向东, 潘晓春*, 姚彦红

(定西市旱作农业科研推广中心, 甘肃 定西 743000)

摘 要: 以定薯1号为试验材料, 在定西市安定区团结乡和定西市旱作农业科研推广中心两个试验点设置了白地膜全膜双垄沟播种、黑地膜全膜双垄沟播种、白地膜半膜垄上播种、黑地膜半膜垄上播种、白地膜半膜垄侧播种、黑地膜半膜垄侧播种和露地种植(CK)共7个处理的节水模式比较试验。结果表明: 黑膜全膜覆盖的出苗率、大薯率、产量和成本均明显优于其他栽培模式, 折合产量 30 326 kg/hm², 较对照增产 8 537 kg/hm², 增幅达 39.2%, 大薯率达 82.3%。

关键词: 马铃薯; 节水; 栽培模式

Experimental Research on Potato Water Saving Cultivation Modes

CHEN Xiangdong, PAN Xiaochun*, YAO Yanhong

(Dingxi Dryland Farming Research and Extension Center, Dingxi, Gansu 743000, China)

Abstract: Seven different cultivation modes, i.e. white transparent plastic film covering the whole field, black plastic film covering the whole field, white transparent plastic film half covering with ridge planting, black plastic film half covering with ridge planting, white transparent plastic film half covering with ridge side planting, black plastic film half covering with ridge side planting, and planting without plastic film coverage (control), were compared in the two sites of Tuanjie Township and Dryland Farming Research and Extension Center in Dingxi, using cv. Dingshu 1 as plant material. Emergence percentage, large sized tuber percentage, yield and production cost in the mode of black plastic film covering the whole field were all superior to other modes. In this mode, the yield could be reached 30 326 kg/ha, increasing 8 537 kg/ha (39.2%) as compared with the control, with big sized tuber percentage being 82.3%.

Key Words: potato; water saving; cultivation mode

收稿日期: 2011-10-12

作者简介: 陈向东(1972-), 男, 农经师, 主要从事马铃薯种薯生产工作。

* 通信作者(Corresponding author): 潘晓春, 副研究员, 从事旱地农作物新品种选育及旱地栽培技术研究工作, E-mail: pxc0820@126.com。

【参 考 文 献】

- | | |
|--|--|
| <p>[1] Zhang Z B. Discussion of several problems on wheat water use efficiency [J]. Tritical Crops, 1998, 18(1): 36-38.</p> <p>[2] 张娟, 张正斌, 谢惠民. 小麦叶片水分利用效率及相关生理性状的关系研究[J]. 作物学报, 2005, 31(12): 1593-1599.</p> <p>[3] 杨涛. 不同玉米品种水分利用率的差异及其生理学机制[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2002.</p> <p>[4] Huang L, Zhang Z B. Relationship between wax content and water use efficiency of leaf and yield in wheat [J]. Journal of Triticeae Crops, 2003, 23(3): 41-44.</p> <p>[5] 张永成, 田丰. 马铃薯试验研究方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2007: 169-171.</p> | <p>[6] 王美云, 李少昆, 赵明, 等. 关于玉米光合作用与叶片水分利用效率关系的研究[J]. 作物学报, 1997, 23(3): 345-352.</p> <p>[7] Morgan J A, Lecain D R. Leaf gas exchange and related leaf traits among 15 winter wheat genotypes [J]. Crop Science, 1991, 31: 443-448.</p> <p>[8] 陈尚谟. 旱区农用水分利用效率探讨[J]. 干旱地区农业研究, 1995, 13(1): 14-19.</p> <p>[9] 朱林, 许兴. 植物水分利用效率的影响因子研究综述[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 2(6): 204-209.</p> <p>[10] 王韶唐. 植物抗旱的生理机理[J]. 植物生理生化进展, 1983(2): 120-130.</p> <p>[11] Aspinell D, Paleg L G. The Physiology and biochemistry of drought resistance in plants [M]. Sydney: Academic Press, 1980: 205-241.</p> |
|--|--|