

研究论文



照片1. 2015年春季马铃薯田间试验情况。照片拍摄：作者

不同施钾水平及亏缺灌溉对干燥的半湿润地中海气候条件下马铃薯的影响

Darwish Talal^{(1)(1a)}, Fadel Ali⁽¹⁾, Baydoun Safaa⁽²⁾, Jomaa Ihab⁽³⁾, Awad Mohamad⁽¹⁾, Hammoud Zeina⁽²⁾, Halablab Ousama⁽²⁾, and Atallah Therese⁽⁴⁾

摘要

2015年4月8日至2015年7月31日, 在黎巴嫩干燥的半湿润的贝卡平原上开展了亏缺灌溉下3个不同的施钾水平对马铃薯 (*Solanum tuberosum* L.) 的影响。试验土壤为中性的黏的饱和冲积土。在食用马铃薯 (cv. Spunta) 上设了3个施钾水平, 分别为120 (K_1)、240 (K_2)、360 $\text{kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ (K_3), 同时设一个不施钾肥的对照 (K_0)。所有处理均施等量的氮 (150 kg N ha^{-1}) 和磷 (150 $\text{kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$)。通

过滴灌系统进行灌溉, 不过从发芽开始, 马铃薯作物要受到比较轻微的亏缺灌溉 (土壤水分蒸发蒸腾损失总量的85%)。通过埋入土壤25 cm和50 cm深的土壤水分传感

⁽¹⁾黎巴嫩国家科学研究委员会遥感中心

⁽²⁾黎巴嫩贝鲁特阿拉伯大学环境与发展研究中心

⁽³⁾黎巴嫩农业研究所

⁽⁴⁾黎巴嫩大学农业与兽医学院

^(1a)通讯作者: tdarwich@cns.edu.lb

器, 监测整个马铃薯生长季中土壤水分来安排灌溉。测量作物冠层温度和叶绿素含量, 评估不同钾肥施用量对植株带来的生长性能影响。 K_3 处理在开花期、块茎萌生期和膨大期均表现出较高的叶绿素含量。中午的时候 K_3 处理的冠层温度最低, 为 29.6°C , 而对照处理 K_0 却为 31.0°C , 这表明施钾促进气孔孔径, 随之碳汇率也相应发生变化。这些结果表明钾, 在建立和维护碳从叶片转移到贮藏器官过程中扮演了非常重要的角色, 从而提高了马铃薯生产力。最终收获的块茎产量显著增加, 从 K_0 处理的 2.3 kg m^{-2} 提高到 K_3 处理的 3.3 kg m^{-2} 。随钾肥的施用, K_3 处理的马铃薯平均块茎重量及商业块茎重量明显增加到最大, 但是块茎干物质含量却不受钾肥施用的影响。如果想要进一步提高马铃薯块茎产量, 则需要寻求整个生长季节钾肥施用的分布规律, 特别是在对钾需求较高的块茎膨大的关键期。应该进一步试验钾在马铃薯上调节植物水关系的作用, 以应对经常发生在干燥的半干旱半湿润地区的极端天气。

引言

黎巴嫩的农业用水约占用水总量的70% (Darwish *et al.*, 1999)。在不久的将来, 家庭用水和农业用水之间的竞争将更加值得关注。因此, 非常有必要提高水分利用率 (WUE), 生产尽量多, 甚至更多的农产品。在贝卡平原, 马铃薯是一种主要的经济作物, 种植面积已超过19000公顷 (MoA, 2012)。在贝卡平原马铃薯有两个生长季节, 分别是春季和夏季。然而, 黎巴嫩马铃薯的平均产量为 23 mt ha^{-1} , 远远低于该作物的潜在生产力。如此低的产量则是由于在密植马铃薯生产上的养分施用比例失调造成的 (Karam *et al.*, 2011)。马铃薯因为在春季或夏季生长, 所以对灌溉高度依赖。一般认为马铃薯对水分胁迫比较敏感, 30%-50%土壤水分消耗根本不能达到最优产量的要求 (Panigrahi *et al.*, 2001; Onder *et al.*, 2005)。在块茎成熟阶段缺乏灌溉两周会使产量损失40% (Karam *et al.*, 2014)。灌溉管理应结合优化肥料施用来提高马铃薯产量。钾肥施用量为 120 kg K ha^{-1} , 同时控制亏缺灌溉 (土壤田间持水量的80%) 可提高马铃薯的产量和质量, 可提高WUE (Abd El-Latif *et al.*, 2011)。在黎巴嫩, 食用马铃薯的WUE和氮利用效率 (NUE) 有所提高, 主要是通过调整作物养分需求和有效灌溉量来实现的 (Darwish *et al.*, 2003)。滴灌施肥时合适的灌溉计划加平衡施肥会提高WUE 和 NUE (Darwish *et al.*, 2006)。

马铃薯对钾的需求较高 (Haeder *et al.*, 1973; Jansson, 1980; Panique *et al.*, 1997)。 K^+ 除了促进块茎中淀粉的积累, 还调节植株体的水量, 在维持植物细胞的膨胀中也扮演重要角色。钾素供应不充分时, 作物不能有效的利用水分, 并且在干旱时期似乎不能承受水分胁迫。钾肥施用改

善了水分胁迫下不同作物的水关系 (Islam *et al.*, 2004)。钾也是一个各种代谢过程的主要参与者, 如蛋白质生物合成 (Belvins, 1985) 和渗透调节 (Fischer, 1968) 等。此外, 不管土壤水分情况, 钾的施用增强了氮和磷 (P) 的吸收 (Baque *et al.*, 2006)。维持细胞质内较高的钾素水平可增加植物的耐旱性 (Chow *et al.*, 1990; Cakmak and Engels, 1999)。作为光合作用固定 CO_2 的“调整者”钾也是必需的, 特别是在胁迫环境下。即使在持水力较高的质地黏重的土壤上, 施用充足的氮钾肥, 适度的亏缺灌溉 (80%的作物土壤水分蒸发蒸腾损失总量ETc) 对马铃薯作物生长性能、生产力及氮素利用率显示出较好的影响 (Darwish *et al.*, 2006)。波兰贫瘠的砂壤土上, 硝酸盐淋失的风险极高, 在雨养作物马铃薯上施用钾肥对NUE带来积极的影响 (Grzebisz *et al.*, 2015)。

本研究的目的是在黎巴嫩最大的农业地区贝卡平原, 通过改善马铃薯在干旱条件下生长性能和产量来促进土地可持续发展。在轻度的亏缺灌溉 (85%的作物水分需求) 条件下进行了不同的钾肥施用量的试验。肥料直接施入土壤, 而水则是通过滴灌系统进行灌溉。于2015年春季和夏季观测食用马铃薯的生长性能, 除此之外, 评估指标还包括植物冠层温度和叶绿素含量。

材料和方法

2015年4月8日至2015年7月31日, 在位于黎巴嫩贝卡平原中部的阿拉伯大学贝鲁特环境与发展研究中心 (东经 $35^{\circ}51'40.8''$, 北纬 $33^{\circ}47'58.6''$) 进行了施肥和灌溉对马铃薯影响的试验 (图1)。试验之前取土壤进行分析, 结果表明近年来土壤肥力水平中等。有效磷 (Olsen P) 和速效钾 (用醋酸铵萃取) 含量表明试验地土壤肥力中等 (表1)。

2015年4月8日进行机械播种, 马铃薯品种为Spunta品种, A类种子, 每公顷种植57000株。总种植面积为 700 m^2 , 分成四块, 每一块分成四个小区, 完全随机区组设计。

各处理的钾肥施用量不同, 即 K_0 不施钾肥对照处理和 K_1 、 K_2 、 K_3 施用钾肥处理, 钾肥施用量分别为 120 、 240 、 $360\text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ 。钾肥选用硫酸钾 (K_2SO_4), 于马铃薯种植前直接施入行中, 所有处理氮肥和磷肥的施用量一致, 分别为 150 kg N ha^{-1} 和 $150\text{ kg P}_2\text{O}_5\text{ ha}^{-1}$ (土壤中的磷比较贫乏), 在播种前和发芽的时候分次施用 (图1)。在开花中期、盛花期、生理成熟期3个不同的生长阶段, 各小区随机取4株马铃薯进行作物生长性能情况评估 (图1)。在完全成熟期 (7月30日), 从各小区随机选取6株马铃薯, 挖掘块茎进行分级 (直径低于或高于 3.5 cm), 立即称重, 然后从中取样, 烘干后, 进行干物质含量测量。对不同钾肥施用量带来的影响进行方差分析。

表1. 2015年4月测定试验地不同深度土壤原始性质

深度	质地	pH	有机质	CaCO ₃	Olsen P	Exchangeable K
cm			-----g kg ⁻¹ soil-----		-----mg kg ⁻¹ soil-----	
0-20	clay	7.1	21	190	9.1	250
20-40	clay	7.3	20	170	5.5	150
	黎巴嫩农科院推荐水平				40	300

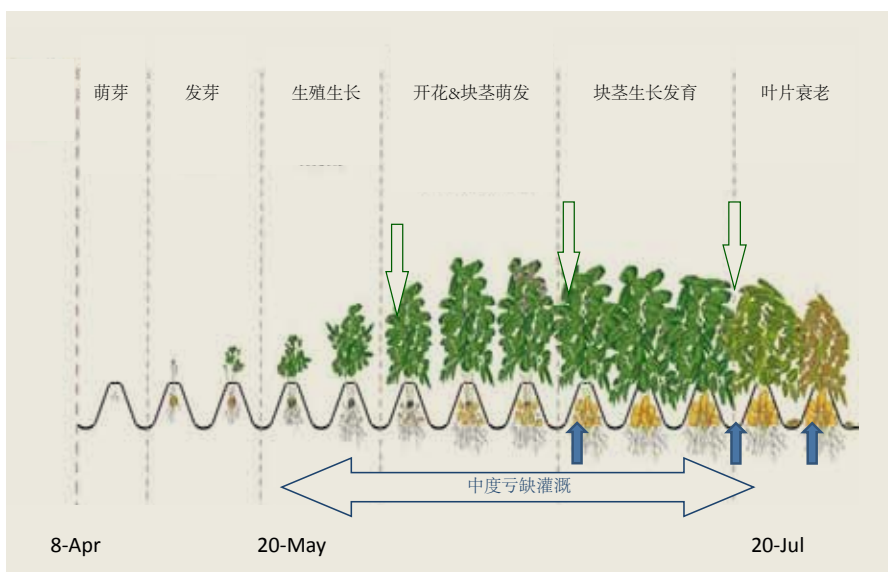


图1. 马铃薯主要生长发育时期示意图。透明垂直箭头表示植株取样时间，粗黑体箭头表示块茎取样时间。横向蓝色箭头表示亏缺灌溉时间。



照片2. 黎巴嫩农民应用滴灌系统的还不普遍，尽管滴灌确实有很多优点，可以节约用水量。照片拍摄：作者

采用滴灌系统进行灌溉(图2)。基于作物需求确定灌溉用水的数量,由位于贝卡平原中部的一个农业气象站(东经35°59'12.7",北纬33°51'30.5")获得的草的土壤水分蒸发蒸腾损失总量蒸散(ET_0)决定。作物系数(K_c)为0.4-0.9(FAO, 1969; Papadopoulos, 1988; 1996)。从植物生长发育阶段开始一直持续到叶片衰老进行轻度亏缺灌溉(ET_c 为85%)

(图1)。基于每天早上从25 cm深的土壤处读取的土壤水势测量值进行灌溉调度。当土壤水势平均值接近300 mbar时进行灌溉,灌溉后记录的土壤水势在24小时内显示的平均值为100 mbar。使用红外测温仪进行冠层温度测量(美国雷泰公司生产,型号为Ray R 3i LT DL2),而叶绿素含量则由便携式叶绿素仪现场测定(柯美美能达生产,型号为SPAD 502DL Plus)。

结果与讨论

开花中期和块茎萌生期(6月8日),平均干物质重为0.175 kg m⁻²,虽然 K_2 、 K_3 处理地上部物质减少,但是处理之间的干物质重差别不明显(图2)。两周后(6月22日),地上部生物量的生长几乎停止。另一方面,此时正在生长的块茎增长到约0.25 kg m⁻²(图2)。施钾肥处理的块茎生物量略大,但差异显著。

施用360 kg K₂O ha⁻¹(K_3)钾肥的处理新鲜块茎产量明显增加,比不施钾肥的 K_0 处理高出42%(表2)。钾肥施用剂量中等的 K_1 、 K_2 处理的块茎产量比 K_0 处理增产效果不显著。这些结果表明土壤中储存的交换性钾(表1)可能太少了,以至于难以获得相当大的块茎产量。此外,马铃薯作为喜钾作物,进一步增加钾肥施用剂量可能会产生更大的块茎产量。

每平方米块茎数量为26-34个,钾的施用量对其无显著影响,但钾的施用量对块茎大小有明显的影响,只有在钾肥施用量最高时块茎最大(表2)。块茎均重从 K_0 的75 g到 K_3 的126 g,块茎大小增加了67%,同时也对马铃薯的商业价值带来了相当大的积极影响。

在春天,从块茎种上冒出的马铃薯芽的数量,和块茎萌生前地上部生物量的发展,一起决定了初级的潜在萌生

的块茎数目。这就是马铃薯种植上在生长季节的初始阶段氮素营养为什么是至关重要的原因 (Papadopoulos, 1988; Mustonen *et al.*, 2010)。诱导环境因子的流行, 如低温和短日照长度, 决定了初级块茎潜力能在多大程度上实现 (Moorby and Milthorpe, 1975; Ewing and Struik, 1992)。钾对块茎起始萌动似乎并没有任何影响, 但是, 它在加强库组织器官生长和碳水化合物转移的管理中有重要作用 (Haeder *et al.*, 1973)。块茎干物质含量随钾肥施用量的增而略有增加, 但这在统计学上并不显著, 这表明马铃薯品种的基因类型 (18%-20%) 限制了营养因素。

试验中360 kg K₂O ha⁻¹的钾肥施用量与商业上的推荐用量非常类似, 然而, 马铃薯的块茎产量却没有达到预期的较高的块茎产量 (Jansson, 1980)。发生这种情况的原因可能在于种植季节施用钾肥时间不合适。营养物质应该在植株需要时施用, 并尽可能准确地施入植株能够吸收的区域。块茎膨胀阶段对钾素的需求最高, 植株一开花就表明进入该阶段。在这个关键阶段马铃薯块茎每日对N、P、K的需求分别为4.5、0.3、6.0 kg ha⁻¹。块茎膨胀期, 当条件最适时, 每日块茎增加量可超过1.0 mt ha⁻¹ (Ewing and Struik, 1992)。因此, 在块茎膨胀阶段供应足够的所需营养物质及正确的氮磷钾比率, 是进一步提高马铃薯产量的关键。

在6月15日 (开花中期)、6月24日 (花盛期、块茎萌生期)、7月9日 (块茎生长期) 测量树冠温度, 结果显示会在下午13:00时有一个高峰值 (图3)。4个处理每日的冠层温度变化趋势一致。

7月9日的冠层温度均高于6月15日的。而16月15日 (块茎萌生期) 所有处理中午的树冠气温相似。各处理间中午树冠气温的显著差异发生在随后的块茎快速增长期 (图3B), 钾的施用量越高, 对树冠产生“冷却器”效果就越强。植物的叶子是通过水分蒸发冷却的, 大量的水通过气孔携带多余的热能蒸发到大气中。钾参与了气孔孔径的调节 (Fischer, 1968), 以保持水分流失和碳同化之间适当的平衡。钾素在当下研究中作用可能是间接的, 它支持碳水化合物在叶片上“装载”, 植株中转移, 并在块茎中“卸载”, 从而优化了整个植株体内碳的需求 (Lalonde *et al.*, 2004)。高碳的维持需求将显著影响加大碳同化过程, 从而促进较大的气孔孔径, 反过来导致大量的蒸腾作用及叶片温度的降低。

高的钾肥施用量可增加盛花期和块茎萌生期叶子中叶绿素含量 (图4)。不同处理之间叶片中叶绿素含量不

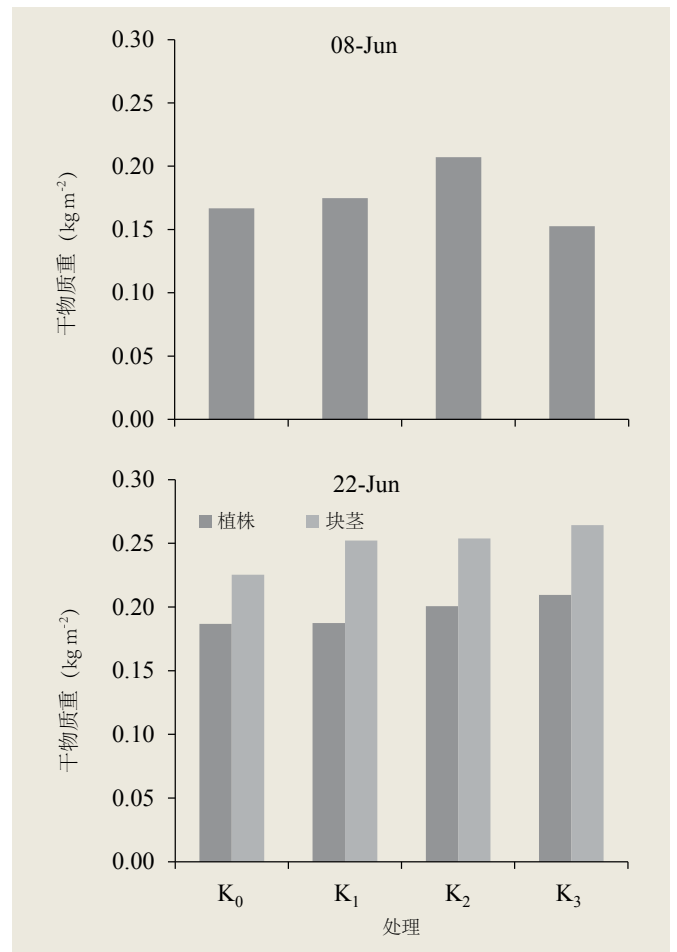


图2. 块茎萌发 (6月8日) 和两周后 (7月22日) 不同钾肥施用量地上部和块茎生长的影响

表2. 鲜薯产量、块茎个数、块茎平均大小、商品薯平均大小 (直径>3.5) 和7月30日完全成熟时块茎干物质重

处理	块茎产量	块茎个数	块茎均重	商品薯均重	块茎干物质重
	kg m ⁻¹	Tubers m ⁻²	-----g-----		%
K ₀	2.331 ^a	30.9	75.4 ^a	119.0 ^{ab}	19.28
K ₁	2.741 ^{ab}	34.2	80.1 ^a	110.4 ^a	19.39
K ₂	2.664 ^{ab}	33.0	80.7 ^a	122.0 ^{ab}	19.49
K ₃	3.305 ^b	26.2	126.3 ^b	162.5 ^b	19.57

Note: Different letters indicate significant differences (*p*<0.05) within a column.

同, 并一直持续到块茎成熟 (数据没有显示)。叶片中一直保持较高的叶绿素含量一直到叶片快要衰老, 这表明充足的钾素供应情况下增长的块茎产生持续的碳汇需求。因此, 高的钾肥施用量使植株保持密集的生理活动, 从而延迟植物衰老, 导致产量明显增加。

使用传感器监测地下25 cm和50 cm处的土壤含水量可周密的调整灌溉用肥量及灌溉时间。滴灌可准确的把水运送到需要消耗的地点。持续的亏缺 (0.85 ETC) 滴灌保证整个生长季含水量相对稳定, 空间上比较均匀, 灌溉前后土壤含水量为0.34-0.45 m³水/m³土壤。这些技术可大大节约水分, 并增加WUE。事实上, 在相同的生长季节农民使用洒水装置需要345 mm水带来的效果, 而本试验中只需要270 mm水。在本试验中, K₀和K₃处理的WUE为0.009-0.012 kg块茎kg⁻¹水。然而, 在当前研究中, 关于钾素在节约用水和提高WUE中的实际作用尚不清楚。在质地黏重的土壤上, 灌溉制度配合合适的种植技术, 轻度亏缺灌溉可能不足以造成严重的水分胁迫。因此, 要实现WUE

提高, 就要把能提高生产力的钾肥施用量增加而不是减少水分的需求。

在干燥的半湿润半干旱的地中海地区, 钾素在马铃薯作物上应对水分胁迫的直接作用特别重要。热浪, 也称为喀新热浪, 来自周边的撒哈拉沙漠或阿拉伯海湾, 经常发生在4月至6月。温度的急剧增加, 伴随着空气湿度的急剧下降, 这对马铃薯作物特别是在块茎萌生期和增长期脆弱的水分状态是一个挑战 (Bustan *et al.*, 2004)。阐明钾素在这方面的意义需要直接测量植物水势、气孔导度和蒸腾作用。

结论

当钾肥的施用量为360 kg K₂O ha⁻¹时, 对比0、120、240 kg K₂O ha⁻¹的钾肥施用量, 马铃薯块茎产量显著增加了67%。施用钾肥虽然对马铃薯营养生长没有产生影响, 但却显著影响块茎大小, 因此对产量也产生了显著影响。高的钾肥施用量会导致较高的叶绿素含量, 以及推迟叶片衰老。随钾肥施用量的增加中午时刻叶温度降低, 这表明了大而持久的气孔导度。这些结果表明钾素在建立和维护碳从叶源到库源器官易位中的重要作用, 从而提高马铃薯生产能力。想要进一步提高马铃薯块茎产量, 则需要通过继续增加钾肥施用量到480 kg K₂O ha⁻¹, 或者同时随作物的生长季节分配钾肥施用份额, 尤其是在钾素需求上升的块茎膨胀的关键阶段要保证钾素供应的充足。对钾素在调节马铃薯植物水分关系中所起的作用应做进一步研究, 以应对通常发生在干燥的半干旱半湿润地区的极端天气。

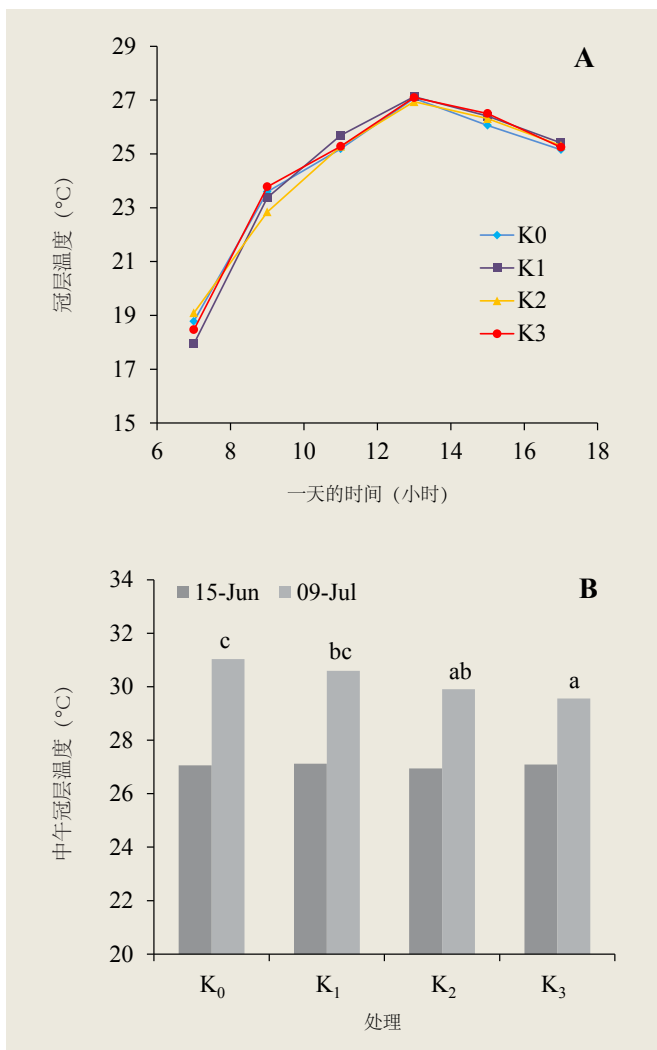


图3. 不同施钾肥量对6月15日一天内的冠层温度的影响 (A) 和对6月15日和7月9日中午冠层温度的影响。7月9日数柱上的不同字母表示显著性差异 ($p < 0.05$)。

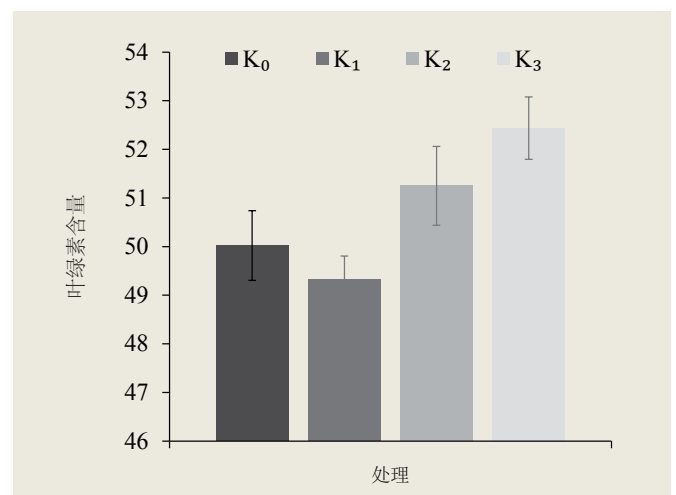


图4. 不同施钾肥量对6月24日马铃薯盛花和块茎萌发期马铃薯叶片叶绿素含量的影响。数柱代表32次实测的平均值(4株植株, 每株8片叶片)

致谢

本研究由黎巴嫩国家科学研究委员会资助, 国际原子能机构 (RAS/5/068) 以及国际钾肥研究所 (IPI) 提供了部分资助。

参考文献

- Abd El-Latif, K.M., E.A.M. Osman, R. Abdullah, N. Abd el Kader. 2011. Response of Potato Plants to Potassium Fertilizer Rates and Soil Moisture Deficit. *Adv. Appl. Sci. Res.* 2(2):388-397.
- Baque, M.A., M.A. Karim, A. Hamid, H. Tetsushi. 2006. Effect of Fertilizer Potassium on Growth, Yield and Nutrient Uptake of Wheat (*Triticum aestivum*) under Water Stress Conditions. *South Pacific Studies* 27(1):25-35.
- Blevins, D.G. 1985. Role of Potassium in Protein Metabolism in Plants. *In: Munson, R.D. (ed.). Potassium in Agriculture. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI, USA.* p. 413-424.
- Bustan, A., M. Sagi, Y. De Malach, and D. Pasternak. 2004. Effects of Saline Irrigation Water and Heat Waves on Potato Production in an Arid Environment. *Field Crops Research* 90:275-285.
- Cakmak, I., and C. Engels. 1999. Role of Mineral Nutrients in Photosynthesis and Yield Formation. *In: Rengel, Z. (ed.). Mineral Nutrition of Crops: Mechanisms and Implications. The Harworth Press, New York:* 141-168.
- Chow, W.S., M.C. Ball, and J.S. Anderson. 1990. Growth and Photosynthetic Responses of Spinach to Salinity Implication of K⁺ Nutrition for Salt Tolerance. *Aust. J. Plant Physiol.* 17:563-578.
- Darwish, T., T. Atallah, S. Hajhasan, and A. Chranek 1999. Water Use Efficiency of Sprinkler and Drip Irrigated Spring Potato in Central Bekaa Valley in Lebanon. 6th International Meeting on Soils with Mediterranean Type of Climate. Barcelona (Spain) 4-9 July 1999. Extended Abstracts: 634-636.
- Darwish, T., T. Atallah, S. Hajhasan, and A. Chranek. 2003. Management of Nitrogen by Fertigation of Potato in Lebanon. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 67:1-11.
- Darwish, T., T. Atallah, S. Hajhasan, and A. Haidar. 2006. Nitrogen and Water Use Efficiency of Fertigated Processing Potato. *Agricultural Water Management* 85:95-104.
- Ewing, E.E., and P.C. Struik. 1992. Tuber Formation in Potato: Induction, Initiation, and Growth. *In: Janick, J. (ed.). Horticultural Reviews. Wiley* 14:89-98.
- FAO. 1969. Enquête pédologique et programme d'irrigation connexes. Volume III, Irrigation: 94 p.
- Fischer, R.A. 1968. Stomatal Opening: Role of Potassium Uptake by Guard Cells. *Science* 160:784-785.
- Grzebisz, W., W. Szczepaniak, M. Biber, and K. Przygocka-Cyna. 2015. Potassium as a Factor Driving Nitrogen Use Efficiency - The Case for Potatoes Cultivated on Light Soil. *IPI e-*ifc** 41:3-12. <http://www.ipipotash.org/eifc/2015/41/1>.
- Haeder, H.E., K. Mengel, and H. Forster. 1973. The Effect of Potassium on Translocation of Photosynthates and Yield Pattern of Potato Plants. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 24:1479-1487.
- Islam, M.S., M.M. Haque, M.M. Khan, T. Hidaka, and M.A. Karim. 2004. Effect of Fertilizer Potassium on Growth, Yield and Water Relations of Bush Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under Water Stress Conditions. *Japanese Journal of Agriculture* 48(1):1-9.
- Jansson, S.L. 1980. Potassium Requirements of Root Crops. http://www.ipipotash.org/udocs/ipi_research_topics_no_7_potassium_requirements_of_crops.pdf. p. 47-62.
- Karam F., R. Massad, S. Skaf, J. Breidy, and Y. Rouphael. 2011. Potato Response to Potassium Application Rates and Timing under Semi-Arid Conditions. *Adv. Hort. Sci.* 25(4):1-3.
- Karam, F., N. Amacha, S. Fahed, T. El Asmar, and A. Dominguez. 2014. Response of Potato to Full and Deficit Irrigation under Semiarid Climate: Agronomic and Economic Implications. *Agriculture Water Management* 142:144-151.
- Lalonde, S., D. Wipf, and W.B. Frommer. 2004. Transport-mechanisms for Organic Forms of Carbon and Nitrogen between Source and Sink. *Annu. Rev. Plant Biol.* 55:341-372.
- MoA. 2012. Ministry of Agriculture. Recensement Generale. FAO/Project Recensement Agricole. Beirut, Lebanon.
- Moorby, J., and F.L. Milthorpe. 1975. Potato. *In: Evans, L.T. (ed.). Crop Physiology. Cambridge University Press, Cambridge,* p. 225-257.
- Mustonen, L., E. Wallius, and T. Hurme. 2010. Nitrogen Fertilization and Yield Formation of Potato During a Short Growing Period. *Agric. Food Sci.* 19:173-183.
- Onder S., M.E., Caliskan, D. Onder, and S. Caliskan. 2005. Different Irrigation Methods and Water Stress Effects on Potato Yield Components. *Agricultural Water Management* 73:73-86.
- Panique, E., K.A. Kelling, E.E. Schulte, D.E. Hero, W.R. Stevenson, and R.V. James. 1997. Potassium Rate and Source Effects on Potato Yield, Quality, and Disease Interaction. *American Potato Journal* 74(6):379-398.
- Panigrahi, B., S.N. Panda, and N.S. Raghuvanshi. 2011. Potato Water Use and Yield under Furrow Irrigation. *Irrigation Science* 20:155-163.
- Papadopoulos, I. 1988. Nitrogen Fertilization of Trickle Irrigated Potato. *Fertilizer Res.* 16:157-167.
- Papadopoulos, I. 1996. Use of Saline and Brackish Waters for Irrigation in Cyprus. *Mediterranean Colloquium on Protected Cultivation.* 6-9 October, Morocco: A 6.1-A 6.22.

“不同施钾水平及亏缺灌溉对干燥的半湿润地中海气候条件下马铃薯的影响”一文可以在国际钾肥研究所官方网站上下载浏览: [Regional activities/WANA_Potassium in Stress and Plant Disease](http://www.ipipotash.org/Regional_activities/WANA_Potassium_in_Stress_and_Plant_Disease)