

译文

马铃薯产量和生理对亏水和 高频率喷灌的反应

A.N.Hang 等

摘 要

在沙土地上种植马铃薯, 只有配合适当的灌溉才可能高产质佳。了解最低需水量和掌握作物对水的胁迫作用的反应是很重要的。本项研究于1979年和1980年两个年度进行, 目的是确定灌溉率对马铃薯表现的影响。处理在沙土地于冠层郁闭时开始实施, 利用线性灌溉技术。接近喷灌源的日喷灌量是 $1.15E_t$ 。处理实施两周后, 开始在喷灌量最少的小区中观察植株对水的胁迫反应的征状。这些征状和正常植株比包括: 植株变小, 叶片变少, 死叶增多和比叶重增大。块茎和地上部生长率随灌溉量增大而增大, 从最小灌溉量到最大灌溉量分别为 $2.62\sim 17.63\text{克/米}^2/\text{天}$ 和 $-0.90\sim 10.01\text{克/米}^2/\text{天}$ 。同化产物向块茎的输送随灌溉量的增大而变小。试验结果表明, 在沙土地上种植马铃薯, 如果要避免产量下降和品质变劣, 灌水量要接近估算的 E_t 。灌水量超过 $100\%E_t$ 不能增加产量。

马铃薯对灌溉的反应已研究多年, 许多资料证明了马铃薯对水分胁迫的敏感性。从块茎形成至接近成熟阶段内适量灌水是马铃薯高产、优质的必要条件。Van Loon发现马铃薯受水分胁迫时由于叶面积减少或单位叶面积的光合作用降低导致减产。块茎膨大期缺水导致的减产程度比其它生育期更大。

水分胁迫降低了叶、茎、根的生长率, 叶水势(LWP)低于 -0.3 兆帕会降低叶片生长率, 叶水势若低于 -0.5 兆帕叶片则停止生长。因此, 在叶片最快生长阶段即萌芽至块茎膨大期, 水分胁迫会引起叶面积和重量降低。

马铃薯的灌溉研究大多是利用间歇灌溉不同的土壤水分消耗水平为处理, 然而, 利用现代的灌溉系统我们能够按设计水量频繁

地灌溉, 本研究旨在确定砂质土壤中的马铃薯在不同日喷灌水量下的产量及生理反应。

1 材料和方法

田间研究于1979年和1980年在华盛顿州 Paterson附近进行, 土质为深层砂土至壤质砂土, 砂粒含量85%, 粘粒含量2%。

栽培措施 1979年整理苗床前每公顷撒施112公斤N, 45公斤P和225公斤K; 幼苗期每公顷撒施115公斤N, 63公斤P, 250公斤K, 50公斤S和12公斤Zn; 生育期内追施337公斤N/公顷。4月10日移栽之后立即喷施2.2公斤草不绿(Alachlor)和0.28公斤赛克津(Metribuzin)/公顷混合除草剂。栽种6周后带施4.5公斤涕天威(Aldicarb)/

公顷内吸性杀虫剂, 然后作垄。

1980年移栽前每公顷施123公斤N, 344公斤K和1.1公斤B, 4月2日每公顷机施112公斤N, 56公斤P, 168公斤K和35公斤S, 生育期内追222公斤N/公顷。除草和杀虫措施与1979年同。1979年由于初期马铃薯叶片和叶柄含氮量低, 故施用了较多的氮肥。

日灌水量 从移栽(1979年4月10日, 1980年4月2日)至冠层郁闭(1979年6月18日, 1980年6月9日)用固定的喷头均匀灌水。此后, 通过田间的中心安装了一条线性灌溉管道, 其上的“雨鸟”30型喷头间距4.5米, 主喷嘴直径4.8毫米, 副喷嘴直径2.4毫米。灌水量由14米远处的0%递增至线性灌溉管道中心处的115% E_t ($E_t = K_c \cdot E_p$, K_c 为作物系数0.95, E_p 为蒸发皿蒸发量)。灌水量每周测量2~3次, 分别在垂直于线性灌溉管道的第2、5、8、11、14个行间(即距中心1.3米、3.9米、6.5米、9.2米、11.8米)布置了雨量计, 雨量计内的煤油是为了防止水分蒸发。调节日喷灌水量使距线性灌溉管道最近处雨量计的集水量为估算 E_t 的1.15倍。从冠层接近郁闭至成熟, K_c 相对恒定。每周用中子仪观测一次150厘米的土壤水分剖面, 测定间距为15厘米。处理阶段首末两次的测定结果用于计算土壤水分消耗量, 阶段耗水量为同一阶段内的灌溉水量、降雨量和土壤水分消耗量之和。收获(1979年9月27日, 1980年8月27日)前1~2周停止灌溉。1979年由于后期施氮使得马铃薯9月14日方才成熟, 比1989年晚了3周。

生育调查 试区被一分为四, 管道两边各两部分。管道安装后间隔两周做一次生育调查直至收获。每次从各部分放置雨量计的行中取两整株马铃薯分离成叶、茎、块茎、根。L1~3100型面积仪用于测量鲜叶面积, 然后将全部植物体在65℃下烘干。计算地上部、块茎、总生物量(含根)生长率、比叶重和块茎同化率。收获各部分内各处理9米

行长的块茎, 称重、分级后确定最终产量及品质。

统计分析 对于生育期内两周一次的生育调查, 线性灌溉管道两边的等距行可视为非随机排列的重复。每个取样行(管道两边各5个, 为一灌水处理, 管道两边各两次重复, 共计5个处理4次重复。分别计算各处理重复的灌水量和总耗水量(包括地下水利用量)。对有关水分胁迫的数据作了方差分析。对植物各器官最快生长期的生长率以及地上部、块茎、总生物量(含根)生长与灌水量的关系进行了线性回归分析。

收获后确定了各处理行的灌水量(灌水量与降雨量之和)和总耗水量(灌水量与土壤水分消耗量之和)。表列了每个处理行的块茎产量及美国一级块茎率。采用回归分析法研究了高频率亏水灌溉对块茎产量和美国一级块茎产量的影响。此外, 还分别计算了各灌水处理块茎总产量和美国一级块茎产量的水分利用率。

2 结 果

灌水量和耗水量 1979年和1980年冠层郁闭至收获阶段的灌水量分别为79和61厘米, 这种差异反应了蒸发量和生育期天数的年际间差异。采用喷灌系统, 风是影响水量分布的唯一因素。为避免可能的风扰, 小区灌水选在黎明前进行。确定线性灌溉管道两边水量分布梯度, 把5处的灌水量作为5个处理, 分析其对生长率的影响(表1)。

1979年距线性灌溉管道最近处的马铃薯耗水81.6厘米, 其中土壤水分消耗量2.6厘米; 最干小区的土壤水分消耗量约为10厘米。耗水量大于灌水量可能是 E_t 估值偏低。1980年最大灌水量为60.7厘米, 最大耗水量为57厘米。土壤水分消耗量亦是随灌水量的减少而增加, 最小灌水量处理的土壤水分消耗量为5.5厘米。灌水量为103% E_t 和115%

E₁的处理可能产生了深层渗漏(表1)。

块茎产量 两年试验结果均表明,产量随灌水量的增加而增加,但大于100% E₁后不再增产。1979年的块茎总产量高于1980年,但美国一级块茎率只有30%(表2)。美国一级块茎率低不是灌水所致,而是由其它因素造成的。1979年由于养分流失造成早期缺氮,7~8月份增施了氮肥,可能是因此降低了美国一级块茎率,1980年最高产量为70吨/公顷,美国一级块茎率92%。

表 1 1979年和1980年砂质土壤中各灌溉处理马铃薯的块茎、地上部、生物量生长率及同化率

灌水量* 耗水量*		块茎生长率			地上部生长率			生物量生长率			同化率‡		
%Et	厘米	克/米 ² /日	SE	r	克/米 ² /日	SE	r	克/米 ² /日	SE	r	%	SE	
1979年													
18	12.0	21.9	2.62	0.16	0.95**	-0.9	0.13	-0.96**	1.63	0.28	0.82*	161	3.14
41	23.2	33.8	6.87	0.13	0.97**	0.16	0.47	0.30ns**	7.00	0.12	0.97**	98	6.79
67	45.7	50.9	10.77	0.14	0.96**	1.85	0.27	0.84*	12.62	0.15	0.95**	85	6.33
102	70.4	73.4	13.62	0.14	0.97**	4.83	0.17	0.94**	18.54	0.14	0.96**	73	1.63
115	79.0	81.6	17.63	0.12	0.97**	10.01	0.15	0.95**	27.84	0.13	0.97**	63	7.06
1980年													
21	11.0	16.5	4.97	0.15	0.95**	0.81	0.48	0.29ns**	5.97	0.30	0.80ns**	83	3.54
51	26.9	32.3	8.75	0.14	0.96**	3.00	0.26	0.85*	11.99	0.11	0.98**	73	6.81
73	38.5	41.0	10.02	0.09	0.98**	4.42	0.13	0.97**	14.55	0.06	0.99**	69	6.15
103	54.2	53.2	13.31	0.12	0.97**	5.67	0.14	0.96**	19.25	0.04	0.99**	69	7.82
115	60.7	57.0	16.30	0.11	0.97**	6.28	0.16	0.94**	22.69	0.05	0.99**	72	8.04

** * 分别在0.01和0.05标准上差异显著

+ 从冠层郁闭至收获

‡ P 同化率=(块茎生长率/生物量生长率)×100

§ ns=差异不显著

r 马铃薯最快生长期的线性回归相关系数n=4

水分利用率 水分利用率即单位耗水量获得的块茎产量。1979年水分利用率随灌水量和耗水量的增加而提高(表2),1980年块茎产量与灌水量的关系更为密切。美国一级块茎产量和总产量的水分利用率分别为1.2吨/厘米和1.4吨/厘米(表2)。两年中生长在砂质土壤中的马铃薯,耗水量为45~50厘米的水分利用率最高。计算结果表明,若灌水量大于50厘米增产不显著。

生物生长率和块茎同化率 冠层郁闭后观察发现灌水量最少小区的块茎生长率

(TuGR)低。1979年处理开始至收获阶段随着灌水量由12厘米增至79厘米,相应地块茎生长率由2.62克/米²/日增至17.63克/米²/日,灌水量最小的小区(18%E₁)由于地上部干物质的损失,使得地上部生长率为负值,而这时的块茎生长率为总生物量生长率的1.61倍,此值随着灌水增加而降低(表1)。随着灌水量增大,地上部生长率增大,最大灌水量小区的地上部生长率可达10克/米²/日。1980年TuGR随灌水增加而提高,但灌水量小的小区单位灌水量的TuGR相当高(表1)。

表 2

马铃薯各因素之间的回归方程

1979年			1980年		
回归方程	SE	r	回归方程	SE	r
一、产量 (Y, 吨/公顷) 与灌水量 (X, 厘米)					
(一) 块茎总产量					
$Y=9.5971-1.3997X+0.995X^2-0.000796X^3$	9.53	0.93**	$Y=7.1526-1.1691X+0.1027X^2-0.001092X^3$	5.63	0.95**
(二) 美国一级块茎产量					
$Y=-5.9783+0.4263X$	6.61	0.81**	$Y=17.124-3.1453X+0.1594X^2-0.001561X^3$	4.73	0.95**
(三) 美国一级块茎率					
$Y=2.273+0.4102X$	6.66	0.84**	$Y=-32.319+4.76X-0.04214X^2$	8.95	0.95**
二、水分利用率 (Y, 吨/厘米) 与耗水量 (X, 厘米)					
(一) 块茎总产量					
$Y=0.7913-0.06304X+0.002284X^2-1.834E-5X^3$	0.193	0.86**	$Y=1.0991-0.1096X+0.004763X^2-0.00004905X^3$	0.141	0.93**
(二) 美国一级块茎产量					
$Y=0.2326+0.02514X+8.023E-4X^2-5.909E-6X^3$	0.066	0.85**	$Y=1.2082-0.1347X+0.006423X^2-0.0000220X^3$	0.126	0.97**
三、比叶重 (Y, 克/米 ²) 与处理实施时间 (X, 周)					
(一) 18%Et: $Y=53.31-1.286X+4.726X^2$			21%Et: $Y=49.512-3.894X+0.749X^2$		
12.68 0.96**			3.31 0.90**		
(二) 67%Et: $Y=50.567+8.625X-0.794X^2$			73%Et: $Y=49.545-4.54X+0.395X^2$		
7.66 0.86**			4.93 0.72**		
(三) 115%Et: $Y=51.908+2.806X-0.334X^2$			115%Et: $Y=47.979-2.913X+0.225X^2$		
3.35 0.7*			4.55 0.63ns		

注: **, * 分别在0.01和0.05平准上差异显著 ns 差异不显著 r 回归系数 SE 标准差

从冠层郁闭至成熟阶段灌水量由11.0厘米增至60.7厘米时, TuGR由4.97克/米²/日增至16.30克/米²/日。地上部生长率也与灌水量相关, 但不及 TuGR 显著, 如最大灌水量小区的地上部生长率和块茎生长率分别为6.28、16.30克/米²/日。灌水量由21%E_t增至51%E_t, 块茎及地上部的生长率增幅颇大(表1)。尽管灌水量增加时块茎同化率(P)降低, 但非直线下降。1979年18%E_t小区, 由于亏水导致地上部干物重损失特别是衰老, 从而使得块茎同化率很高(1.61)。1979年和1980年, TuGR最大的小区P分别为63%和73%。灌水量大的小区P低反映了冠

层迅速增长的效果。TuGR高是最高产量的必要条件, 而P高却不是。Ingram等也发现P为0.73时TuGR最高(19.1克/米²/日), 而TuGR为12.7克/米²/日时P最高(0.88)。

比叶重与水分胁迫的关系 相临处理间比叶重(SLW)的差异不显著, 为便于讨论, 只报道最大、最小和中等灌水量处理的数据。水分胁迫严重时, 马铃薯的比叶重高。1979年的18%E_t处理进行到4周, 1980年的21%E_t处理进行到8周时叶片衰老, 无法取样测定SLW(表2)。1979年67%E_t处

(下转56页)

经秦岭沟, 翻越秦岭梁。而从党家川延丰坝(即今烟粉坝, 在党家川北2公里处)去秦岭沟的“道路梗塞”, 不能进军。张华只得“指冻僵”的11月寒天, 于22日派兵砍伐树木, 另辟新路, 即“伐木开径”, 绕过了“梗塞”的“道路”, 才得以进抵秦岭沟, 并于26日夜直捣八亩园, 两天后三路官军合围攻克三岔城, “累战皆捷”。从上分析可知, “蹲鹑一窖”之地, 确在党家川延丰坝(今烟粉坝)至秦岭沟(今利桥乡秦岭、苗家川、董家等村)的途中, 即今天水市北道区党川乡、利桥乡一带。

“蹲鹑一窖”在何时? 从上文可知, 在清同治2年(1863年)。何时开始种植马铃薯? 我们从至少有数百官军, 4天内以窖藏马铃薯当作军粮充饥的事实, 不难看出当时当地种植面积已大, 并达到了一定的生产水平, 且又有相当丰富的打窖、窖藏经验和较长时间的种植、窖藏历史。这里距渭河沿岸尚有2天路程, 山大沟深, 森林茂密, 道路崎岖, 加上马铃薯需种量多, 且又繁殖系数

低, 由此推知, 党家川至利桥一带, 当比位于渭河南岸、与陕西接连的吴寨(三岔厅)一带, 晚种数10年; 因直隶秦州知府费廷珍等于清乾隆29年(1764年)纂修的《直隶秦州新志》没有记载马铃薯, 故吴寨一带也不会早于1764年。此外, 党川、利桥当时属三岔厅管辖; 至天水、两当的路程, 更比去三岔的路程远, 而且更加难走。因此, 所种马铃薯, 可能由三岔传入。

总结上文, 天水开始种植马铃薯的时间, 确在1764~1863年之间, 很可能在19世纪初期或稍早, 比福建省松溪县晚百年左右, 距今近200年; 开始种植的地方, 当在天水以东渭河流域的吴寨(三岔)一带, 先是由陕西沿渭河西上传至吴寨一带种植, 再逐渐遍及天水各地栽培的。

本文为探研马铃薯引进天水的时、地点等问题, 不能不引用《留别秦州》诗及《发匪之乱》一文的一些情况, 不涉及林之望镇压太平军余部的性质。

(上接60页)

理的比叶重也高。没有发现象凋萎那样明显的水分胁迫迹象, 然而处理进行两周后, 1979年的18%E₁和1980年的21%E₁小区的绿色叶片数量和面积急剧减少。

3 讨 论

砂质土壤中的马铃薯各处理间地上部的形态差异, 在处理实施后的两周内就表现出来。灌水量小的处理由于严重缺水使得植株矮小, 生长缓慢, Granden也发现了同样结果, 这就为植物受水分胁迫时绿色叶片和面积小、比叶重高作出了解释。大多数受水分胁迫的作物下午呈现凋萎, 而本试验砂质土壤中的马铃薯却未出现此症状。严重缺水加速了植物组织的成熟, 从而降低了恢复的可能性。如果作物在生育初期受旱以致植株

矮小, 死叶多势必减产。干旱处理期间的降雨不能产生大薯, 但发现了干旱时死亡茎秆所产生的块茎的生长现象。

通常, 多数作物灌水量小时干物质生产率高, 这是由于随着土壤水分降低, 光合作用减弱呼吸加快, 但它们并不成比例, 且年际间尚有差异。马铃薯受水分胁迫时地上部和块茎生长率低, 这是因为此时碳水化合物消耗增加, 合成作用降低, 从而导致干物质严重减少。各处理的同化率随灌水量的增加而降低, 但未必与减产同步。1979年由于马铃薯受水胁迫时死叶的损失, 使地上部生长率成为负值, 生育调查时尚未恢复, 但其同化率仍最高。同化率高只是马铃薯高产的必要条件, 但只有TuGR同时高才能高产。

结论: 从履盖地面至块茎成熟阶段适量灌溉是马铃薯优质高产的必要条件。在砂质土壤中过量灌溉不能增产又不能改善其品质, 因而建议灌水量不要高于100%E₁。

译自《Agronomy Journal》(农学杂志) 1986年, 78卷, 3期, 436~440页

李会民 译 吕文河 校