

营养元素配施对陇薯5号马铃薯光合生理特性及品质的影响

罗爱花, 陆立银, 谢奎忠, 柳永强, 孙小花
(甘肃省农业科学院马铃薯研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 以陇薯5号为材料, 研究了营养元素配施对马铃薯光合生理特性及品质的影响。结果表明, 不同营养元素组合处理陇薯5号叶片光合生理参数和相对叶绿素含量均具有生育阶段性差异。NPK与中微量营养元素配施条件下, 陇薯5号整个生育期叶片光合生理参数和相对叶绿素含量相对较高。处理间鲜薯块茎产量存在差异, 单施N、单施P处理的块茎平均产量(19 104 kg/hm²)明显低于对照(NP处理, 22 872 kg/hm²), 而施NPK、NPK+中微量营养元素配施处理均较对照增产, 其中NPK+中微量营养元素配施处理最高可增产11.18%。随着增施营养元素种类增多, 陇薯5号块茎品质得到改善, NPK+中微量营养元素配施陇薯5号块茎品质更符合马铃薯膳食营养需求。

关键词: 营养元素; 马铃薯; 陇薯5号; 产量; 品质

中图分类号: S532 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2017)11-0059-04

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2017.11.019

Effect of Combined Application of Nutrient Elements on Photosynthetic Physiological Features and Quality of Longshu 5

LUO Aihua, LU Liyin, XIE Kuizhong, LIU Yongqiang, SUN Xiaohua
(Institute of Potato, Gansu Academy of Agricultural Science, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: With potato cultivar Longshu 5 as material, the combined application of nutrient elements on photosynthetic physiological features and quality of Longshu 5 are studied. The result shows that there's periodical difference of leaf photosynthetic parameters and SPAD (relative chlorophyll content) of Longshu 5 potato among five nutrient elements treatments, such as single Nitrogen(N), single phosphorus(P), NP(the contrast), NPK(K as potassium), full nutrients treatment (NPK with other middle and trace nutrient elements). During whole growing stages, Longshu 5 had relative high photosynthetic physiological parameters and SPAD value under full nutrients treatment. The combination patterns of nutrient elements directly affected the tuber yield of Longshu 5. The average tuber yield of Longshu 5 under N and P treatment is 19 104 kg/hm² which obvious lower than the contrast, while Longshu 5 have higher tuber yield than the contrast under NPK and full nutrient treatments whose tuber yield was 22 872 kg/hm² higher than the contrast with 11.18%. Along with supplying more and more nutrient elements, tuber quality of Longshu No.5 improved more in line with dietary nutritional requirements.

Key words: Nutrient elements; Potato; Longshu 5; Yield; Quality.

马铃薯(*Solanum tuberosum* L)既是粮食作物, 也是蔬菜、饲料和工业原料, 用途十分广泛, 其营

养价值和经济效益为世人公认^[1]。在马铃薯生长发育过程中, 干物质累积与营养水平密切相关^[2],

收稿日期: 2017-06-20

基金项目: 农业部跨越计划《高淀粉马铃薯新品种陇薯5号及陇薯6号高效生产技术集成与产业化示范》(跨2008-36)、甘肃省农业科学院中青年基金项目“马铃薯对水分胁迫-复水响应机理研究”(2015GAAS39)、甘肃省委组织部陇原青年创新人才扶持计划“甘肃高寒阴湿旱作区马铃薯-蚕豆间作高效栽培技术与示范”、农业部西北旱作马铃薯科学观测实验站资助。

作者简介: 罗爱花(1977—), 女, 甘肃金塔人, 副研究员, 博士, 主要从事马铃薯栽培生理方面的研究。E-mail: florancehua@163.com。

tions: Response of corn and mycorrhizae[J]. Agronomy Journal, 1993, 85: 1174-1180
[10] WANG F Y, WANG Q X, YAN D D, et al. Effects of dime-thyl disulfide on microbial communities in prote-rotate soils under continuous cropping[J]. Chinese Jour-

nal of Eco-Agriculture, 2011, 19(4): 890-896.

[11] 张国辉, 郭志乾, 林深源, 等. 健达防治马铃薯黑痣病田间药效试验[J]. 中国马铃薯, 2014, 28(6): 362-366.

(本文责编: 郑立龙)

合理的栽培技术措施可提高马铃薯块茎产量。不同品系马铃薯的光合速率反映了马铃薯光合作用的强弱^[3], 光合速率越高或生育期越长, 叶面积系数就越大、植株生长越旺盛^[4], 生物产量和块茎产量越高。研究马铃薯的光合速率与其植物学性状、经济性状的关系和不同品系马铃薯的光合速率之间的差异, 对选育高产优质的马铃薯新品种有一定的指导意义^[5]。中国尽管是世界马铃薯种植和产量大国, 但单产水平只达到新西兰、美国和荷兰等国家单产水平的 1/3 左右, 具有很高的上升空间。我们研究了不同营养元素组合对马铃薯品种陇薯 5 号植株光合性能、农艺经济性状以及产量和品质的影响, 旨在为指导该品种的高产优质栽培提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验设在甘肃省渭源县会川镇哈地窝村生卜滩社。当地海拔 2 352 m, 北纬 35° 04' 90", 东经 104° 01' 989"。年降水量在 500 mm 左右, 属旱作雨养农业区。土壤为黑麻土, 耕层土壤含有有机质 22.30 g/kg、碱解氮 121.00 mg/kg、有效磷 13.57 mg/kg、速效钾 145.00 mg/kg、全氮 1.24 g/kg、全磷 0.91 g/kg、全钾 23.60 g/kg, pH 7.30。前茬为马铃薯。

1.2 试验材料

供试马铃薯品种为陇薯 5 号, 常规种, 由甘肃省农业科学院马铃薯研究所提供。供试肥料尿素(含 N 46%)由山东瑞星化工有限公司提供, 过磷酸钙(含 P₂O₅ 12%)由湖南省永和磷肥厂提供。硫酸钾(含 K₂O 50%)、硫酸铁(含 Fe 20.13%)、硫酸铜(含 Cu 25.63%)、硫酸锰(含 Mn 32.54%)、硫酸锌(含 Zn 22.60%)、硫酸镁(含 Mg 9.73%)、硫磺(含 S 100%), 均由云南云天化国际化工股份有限公司提供。

1.3 试验方法

试验共设 5 个处理, 分别为 F1, 单施 N(尿素 150.0 kg/hm²); F2, 单施 P(普通过磷酸钙 120.0 kg/hm²); F3(CK), NP 配施(尿素 150.0 kg/hm²、普通过磷酸钙 120.0 kg/hm²); F4, NPK 配施(尿素 150.0 kg/hm²、普通过磷酸钙 120.0 kg/hm²、硫酸钾 75.0 kg/hm²); F5, NPK+Fe+Mn+Cu+Zn+Mg+S(尿素、普通过磷酸钙、硫酸钾、硫酸铁、硫酸铜、硫酸锰、硫酸锌、硫酸镁、硫磺的施用量分别为:

150.0、120.0、75.0、37.5、4.5、25.5、7.5、15.0、30.0 kg/hm²)。试验随机排列, 3 次重复, 共计 15 个小区, 小区面积 20 m²。于 2009 年 4 月 18 日播种, 每小区种植 5 行, 行长 6.67 m, 行距 60 cm, 株距 33.3 cm, 每行种 20 株。周围设保护行。田间管理同当地大田。

1.3 测定项目

1.3.1 光合参数的测定 在马铃薯现蕾期、初花期、中花期、盛花期、淀粉累积期分别测定叶片光合速率[Pn, CO₂ μmol/(m²·s)]、气孔导度[Cd, H₂O mol/(m²·s)]、胞间二氧化碳浓度(Ci, CO₂ μmol/mol)、蒸腾速率[Tr, H₂O mmol/(m²·s)]、WUE [WUE, CO₂ μmol/(m²·s)/H₂O mmol/(m²·s)]等参数和叶绿素相对含量(SPAD值)。

1.3.2 产量测定 收获前分小区选择生长正常的植株 20~30 株, 挖出薯块称重, 求其平均值。并记录腐烂薯、大中薯、小薯、商品薯的数量和重量。

1.3.3 品质测定 成熟后按小区收获马铃薯鲜样, 室内测定陇薯 5 号马铃薯干物质含量、淀粉含量、粗蛋白、维生素 C 含量、还原糖含量等。粗蛋白以全氮含量乘以换算系数 6.25 得出结果。维生素 C 含量采用 2, 6-二氯酚酚滴定法测定; 淀粉采用酸水解法测定, 可溶性糖采用 3, 5-二硝基水杨酸分光光度法测定。

1.3.4 土壤养分测定 采用常规方法测定土壤样品的 pH、有机质、有效氮、磷、钾、钙、镁、硫、铁、锰等养分。

1.3.5 数据处理 采用 SPSS 21.0 和 Office 2010 对数据进行处理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同营养元素配施对马铃薯陇薯 5 号叶片光合生理参数的影响

生育时期不同, 不同处理陇薯 5 号叶片光合生理参数表现各不相同。由表 1 可知, 与处理 F3 (CK) 相比, 现蕾期陇薯 5 号叶片的 Pn、Ci、WUE 处理间差异均达显著或极显著水平。其中处理 F2 的 Pn、Cd、Ci、Tr 最大, 而处理 F5 的 WUE 最大。始花期陇薯 5 号叶片的 Pn、Cd、Ci、Tr、WUE 各处理与处理 F3 (CK) 间差异均不显著, 处理 F5 Pn 和 WUE 最大。中花期陇薯 5 号叶片的 Pn 处理 F5 与处理 F3 (CK) 间差异显著, 叶片的 Ci 处理 F1 与处理 F3 (CK) 差异显著, 处理 F2 与处理 F5 差异极显著, Pn、Cd、Ci、Tr 以处理 F5 最高。除

表 1 马铃薯陇薯 5 号叶片光合参数多重比较

生育时期	处理	Pn	Cd	Ci	Tr	WUE
现蕾期	F1	17.21 dD	0.235 cC	206.7 cC	5.384 cC	3.196 cC
	F2	18.90 aA	0.467 aA	257.3 aA	7.621 aA	2.479 dD
	F3(CK)	16.78 eE	0.215 dD	199.5 dD	4.723 dD	3.553 bB
	F4	17.71 cC	0.356 bB	242.5 bB	7.295 bB	2.428 eE
	F5	18.15 bB	0.214 dD	186.1 eE	4.774 dD	3.800 aA
始花期	F1	16.92 aA	0.212 aA	209.4 aA	3.332 aA	5.078 aA
	F2	19.03 aA	0.248 aA	206.0 abA	3.787 aA	5.047 aA
	F3(CK)	17.56 aA	0.217 aA	204.3 abA	3.372 aA	5.218 aA
	F4	19.31 aA	0.257 aA	208.9 aA	3.823 aA	5.084 aA
	F5	20.16 aA	0.221 aA	174.6 bA	3.579 aA	5.766 aA
中花期	F1	15.20 abA	0.182 bAB	188.2 bAB	4.872 bAB	3.146 aA
	F2	14.15 bA	0.157 bB	180.6 bB	4.361 bB	3.250 aA
	F3(CK)	13.56 bA	0.234 abAB	224.6 aA	6.311 abAB	2.203 bB
	F4	15.79 abA	0.205 abAB	197.9 abAB	5.356 bAB	2.948 aA
	F5	17.07 aA	0.297 aA	226.3 aA	7.639 aA	2.264 bB
盛花期	F1	14.30 aA	0.193 aA	210.7 aA	4.871 aA	2.960 bA
	F2	14.09 aA	0.218 aA	226.9 aA	5.006 aA	2.803 bA
	F3(CK)	14.43 aA	0.175 aA	198.5 aA	4.448 aA	3.268 abA
	F4	15.24 aA	0.233 aA	225.8 aA	5.324 aA	2.862 bA
	F5	14.21 aA	0.161 aA	190.1 aA	4.146 aA	3.443 aA
淀粉积累期	F1	13.41 aA	0.223 abA	236.7 aAB	3.458 abA	3.860 bA
	F2	14.67 aA	0.255 aA	239.3 aAB	3.650 aA	4.015 bA
	F3(CK)	10.80 aA	0.153 bA	226.4 abAB	2.624 bA	4.121 abA
	F4	10.80 aA	0.181 abA	243.1 aA	2.763 abA	3.887 bA
	F5	14.39 aA	0.195 abA	213.3 bB	3.103 abA	4.695 aA

处理 F5 外, 其他各处理陇薯 5 号叶片的 WUE 均与处理 F3(CK) 差异极显著。除 WUE 外, 盛花期各处理间陇薯 5 号叶片光合参数差异均不显著。陇薯 5 号叶片的 Pn 以处理 F4 最大, WUE 以处理 F5 最大。淀粉积累期陇薯 5 号叶片的 Cd、Tr 处理 F2 与处理 F3(CK) 间差异显著, 其余处理与处理 F3(CK) 差异均不显著; 叶片的 Ci 处理 F4 与处理 F5 间差异极显著, 各处理与 F3(CK) 的差异均不显著。叶片 WUE 以处理 F5 最大, 与处理 F3(CK) 差异不显著, 与其余各处理间差异显著。

2.2 不同营养元素配施陇薯 5 号叶片叶绿素含量的变化

对不同处理的陇薯 5 号各生育时期叶片叶绿素含量进行多重比较分析(表 2)可知, 现蕾期处理 F1、处理 F2、处理 F4 处理与处理 F3(CK) 叶片叶绿素含量差异显著或极显著。中花期处理 F5 与处理 F2、处理 F4 间叶片叶绿素含量差异显著, 各处理与处理 F3(CK) 差异均不显著; 盛花期处理 F5 与处理 F1 间叶片叶绿素含量差异显著, 各处理与处理 F3(CK) 差异均不显著; 其他时期各处理间叶片叶绿素含量变化无一致性表现。但整个生育期

表 2 不同生育期马铃薯陇薯 5 号叶片叶绿素相对含量

处理	现蕾期	始花期	中花期	盛花期	淀粉积累期
F1	47.0 bAB	51.8 aA	49.6 abA	43.8 bA	41.9 aA
F2	45.7 bB	50.8 aA	49.0 bA	44.8 abA	42.9 aA
F3(CK)	51.6 aA	53.6 aA	50.5 abA	45.6 abA	43.7 aA
F4	47.2 bAB	54.0 aA	49.4 bA	45.6 abA	43.1 aA
F5	51.0 aAB	53.9 aA	52.9 aA	47.7 aA	45.5 aA

处理 F5 叶片持续维持相对较高的叶绿素含量, 说明大中微量元素配施能够保证陇薯 5 号生育期生长所需养分, 因而叶片叶绿素含量较高, 叶色浓绿。

2.3 不同营养元素配施对陇薯 5 号产量的影响

任何田间栽培措施最终目标都是为了实现作物产量的提升和品质的改善。该试验中, 不同营养元素配施处理对陇薯 5 号块茎鲜薯产量和品质产生的影响存在差异(表 3)。与处理 F3(CK) 相比发现, 就群体块茎产量而言, 处理 F1、处理 F2 块茎产量明显低于对照, 而处理 F4、处理 F5 陇薯 5 号鲜薯块茎产量明显增加, 分别增加了 472.5 kg/hm² 和 2 557.5 kg/hm², 增产 2.07%、11.18%。

2.4 不同营养元素配施对陇薯 5 号块茎品质的影响

养分管理直接影响作物产量和品质。经对收

表 3 不同营养元素配施处理陇薯 5 号的产量及商品薯率^①

处理	大中薯		小薯		烂薯		商品薯率/%		折合产量 /(kg/hm ²)	增产率 /%
	/(个/20 m ²)	/(kg/20 m ²)	/(个/20 m ²)	/(kg/20 m ²)	/(个/20 m ²)	/(kg/20 m ²)	个数	重量		
F1	49	9.8	25	0.9	8	0.9	59.8	84.5	19 149.0	-16.28
F2	51	10.2	23	0.9	4	0.3	65.4	89.5	16 259.0	-16.67
F3(CK)	59	12.2	27	0.9	7	0.6	63.4	89.1	22 872.0	
F4	53	11.7	33	1.3	9	1.1	55.8	83.0	23 344.5	2.07
F5	60	12.3	27	1.0	9	0.6	62.5	88.5	25 429.5	11.18

①单薯重 75 g 以上为大中薯(商品薯), 单薯重 75 g 以下为小薯。

获后鲜薯进行品质化验(表4)可知, 相对于对照, 处理 F3(CK), 处理 F4、处理 F5 均有利于马铃薯干物质、粗淀粉的积累以及 Vc 和粗蛋白的形成, 有利于马铃薯商品薯的品质优化。处理 F5 马铃薯块茎各品质指标相对偏高, 说明养分均衡施用可实现马铃薯稳产、优质。此外, 通过比较发现, 各处理的还原糖含量远高于一般测定值, 这可能与在送检之前马铃薯样品已经遭受了逆境的伤害, 尤其是低温伤害有关。

表 4 不同处理陇薯 5 号的鲜薯品质

处理	干物质 /(g/kg)	粗淀粉 /(g/kg)	还原糖 /(g/kg)	Vc /(mg/kg)	粗蛋白 /(g/kg)
F1	200.0	156.3	6.39	173.9	25.5
F2	208.0	145.6	8.08	181.5	20.3
F3(CK)	214.0	145.7	8.48	151.0	21.6
F4	226.0	173.2	5.79	172.4	25.3
F5	211.0	157.8	6.41	186.0	22.1

3 小结与讨论

试验结果表明, 不同营养元素组合处理下陇薯 5 号的叶片光合生理参数和相对叶绿素含量均具有生育阶段性差异。施 NPK 与中微量元素配施处理的陇薯 5 号生育期叶片光合生理参数和相对叶绿素含量相对较高。处理间鲜薯块茎产量存在差异。单施 N、单施 P 处理块茎平均产量(19 104.0 kg/hm²)明显低于施 NP 处理(22 872.0 kg/hm²), 而施 NPK、NPK+ 中微量元素配施处理均较施 NP 处理(CK)增产, 其中 NPK+ 中微量元素配施处理最高, 较施 NP 处理(CK)可增产 11.18%。随着增施营养元素种类增多, 陇薯 5 号块茎品质得到改善, NPK 与中微量元素配施使陇薯 5 号的块茎品质更符合马铃薯膳食营养需求。

光合作用是叶绿素利用二氧化碳和水把光能转变成化学能的过程, 所以在一定的范围内, 植株叶片的叶绿素含量和叶片氮素营养、叶片颜色、

产量、品质存在着密切关系。叶绿素含量低, 导致光能吸收不足, 使光反应速率降低; 气孔相对开放度较低, 导致 CO₂ 固定速率降低。叶片颜色变化可评价作物氮营养状况。研究表明, 叶绿素 SPAD 值与作物全氮、施氮量及产量之间均有较好的相关性^[6]。叶绿素含量能直接反应植物生长状况的优劣^[7]。

现蕾期是马铃薯水分敏感期, 处理间 SPAD 值差异显著或极显著。整个生育期 NPK+ 微量元素处理的陇薯 5 号叶片持续维持相对较高的叶绿素含量, 说明大中微量元素配施能够保证陇薯 5 号生育期生长所需各种养分, 其它生育时期处理间叶片叶绿素含量变化无一致性表现。

马铃薯是富含 Vc 的粮食作物, 故 Vc 是衡量马铃薯营养品质的重要指标。本试验表明, NP 与 K 配施有利于马铃薯干物质和粗淀粉的积累以及 Vc 和粗蛋白的形成, 有利于马铃薯商品薯的品质优化。

参考文献:

- [1] 段义宇, 蒲玉宏. 旱地坑种马铃薯栽培技术方案优化决策分析[J]. 干旱地区农业研究, 1999(3): 18-23.
- [2] 高聚林, 刘克礼, 盛晋华, 等. 马铃薯旱作栽培干物质积累与分配[J]. 中国马铃薯, 2004, 18(1): 9-15.
- [3] 许大全. 光合速率、光合速率与作物产量[J]. 生物学通报, 1999, 34(8): 8-10.
- [4] 何二良. 早熟马铃薯植株性状与单株块茎产量的灰色关联度分析[J]. 中国马铃薯, 2002(1): 41-42.
- [5] 田 丰, 张永成. 马铃薯光合速率与产量相关性研究[J]. 种子, 2004, 23(6): 30-31.
- [6] 徐照丽, 李天福. SPAD-502 叶绿素仪在烤烟生产中的应用研究[J]. 贵州农业科学, 2006(4): 23-24.
- [7] 王文丽, 李 娟, 赵 旭. 3 种生物有机肥对马铃薯生长发育和品质的影响[J]. 甘肃农业科技, 2014(9): 8-10.

(本文责编: 杨 杰)