

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2022)02-0141-06

土壤肥料

DOI: 10.19918/j.cnki.1672-3635.2022.02.006

不同施氮量对马铃薯晚疫病发生的影响

和习琼*, 和晓堂, 和平根, 石涛, 李光达, 王菊英

(丽江市农业科学研究所, 云南 丽江 674100)

摘要: 氮肥是马铃薯生产中用量较大的肥料之一, 其在增加马铃薯产量方面具有不可替代的作用。但由于种植者盲目追求高产, 氮肥施用量连年增加, 进而导致土壤养分失衡、马铃薯病害发生加剧、马铃薯产量和品质不断下降。为探究施氮量与马铃薯产量及晚疫病发生的关系, 田间采用随机区组设计, 对抗晚疫病品种‘丽薯10号’、中抗晚疫病品种‘青薯9号’和感晚疫病品种‘中甸红’分别施加15, 20, 25, 30和35 kg/667m²的氮, 观察不同施氮量对马铃薯晚疫病及产量的影响。结果表明, 不同品种马铃薯在同一施氮水平下, 晚疫病发病率、产量不同。‘丽薯10号’晚疫病抗性最强、产量最高, 其次为‘青薯9号’、最差为‘中甸红’。同一马铃薯品种随着氮肥施用量的增加, 晚疫病发病率逐渐增加、产量和经济效益逐渐降低。随着施氮量的增加, ‘丽薯10号’2017年晚疫病病情指数由0.47增加到0.67, 产量从1 593 kg/667m²减少到1 196 kg/667m², 2018年晚疫病病情指数由0.17增加到0.22, 产量从1 978 kg/667m²减少到1 805 kg/667m²; ‘青薯9号’2017年晚疫病病情指数由0.64增加到0.82, 产量从1 256 kg/667m²减少到749 kg/667m², 2018年晚疫病病情指数由0.58增加到0.73, 产量从1 197 kg/667m²减少到753 kg/667m²; ‘中甸红’2017年晚疫病病情指数由0.69增加到0.92, 产量从1 000 kg/667m²减少到499 kg/667m², 2018年晚疫病病情指数由0.80增加到0.88, 产量从575 kg/667m²减少到351 kg/667m²。试验初步阐明了施氮量与晚疫病的发病规律, 明确了当地适宜种植品种及最佳施氮量。

关键词: 马铃薯; 施氮量; 晚疫病; 产量

Effects of Different Nitrogen Application Rates on Occurrence of Potato Late Blight

HE Xiqiong*, HE Xiaotang, HE Pinggen, SHI Tao, LI Guangda, WANG Juying

(Lijiang Academy of Agricultural Sciences, Lijiang, Yunnan 674100, China)

Abstract: Nitrogen fertilizer is one of the most widely used fertilizers in potato production, and it has an irreplaceable role in increasing potato yield. However, due to the blind pursuit of high yield by growers, the application of nitrogen fertilizers has increased year by year, which in turn leads to soil nutrient imbalance, aggravation of potato diseases, and continuous decline in potato yield and quality. In this research, in order to explore the relationship between nitrogen application rate, and potato yield and occurrence of late blight, late blight resistant variety 'Lishu 10', late blight medium-resistant variety 'Qingshu 9' and late blight susceptible variety 'Zhongdianhong' were applied with

收稿日期: 2022-02-23

基金项目: 国家马铃薯产业技术体系(CARS-09-ES26)。

作者简介: 和习琼(1977-), 女, 高级农艺师, 从事马铃薯新品种选育及示范推广研究。

*通信作者(Corresponding author): 和习琼, E-mail: 407950199@qq.com。

nitrogen of 15, 20, 25, 30, and 35 kg/667m², respectively, and effects of different nitrogen application rates on potato late blight and yield were investigated in a randomized complete block design. The incidence of late blight and yield were different in different potato varieties under the same nitrogen application rate. 'Lishu 10' had high resistance to late blight and high yield, followed by 'Qingshu 9' and 'Zhongdianhong'. With the increase in nitrogen application rate, the incidence rate of late blight increased, but yield and economic benefits gradually decreased. With the increase in nitrogen application rate, in 2017 the late blight disease index of 'Lishu 10' increased from 0.47 to 0.67, and the yield decreased from 1 593 kg/667m² to 1 196 kg/667m²; in 2018 the late blight disease index increased from 0.17 to 0.22, and the yield decreased from 1 978 kg/667m² to 1 805 kg/667m². In 2017 the late blight disease index of 'Qingshu 9' increased from 0.64 to 0.82, and the yield decreased from 1 256 kg/667m² to 749 kg/667m²; in 2018 the late blight disease index increased from 0.58 to 0.73, and the yield decreased from 1 197 kg/667m² to 753 kg/667m². In 2017 the late blight disease index of 'Zhongdianhong' increased from 0.69 to 0.92, and the yield decreased from 1 000 kg/667m² to 499 kg/667m²; in 2018 the late blight disease index increased from 0.80 to 0.88, and the yield decreased from 575 kg/667m² to 351 kg/667m². This experiment preliminarily clarifies the relationship between nitrogen application rate and the incidence of late blight, and indicates the local suitable planting varieties and the optimal nitrogen application rate.

Key Words: potato; nitrogen application rate; late blight; yield

氮元素是植物体内蛋白质、生物碱等多种物质的重要组成成分, 是植物生长发育必需的大量元素, 是植物生产的主要限制因子。在作物生产过程中, 氮对作物增产的贡献在50%左右, 氮肥作为氮元素的主要来源, 是农业生产中使用量最大的肥料^[1-3]。

随着中国马铃薯主粮化战略的推进, 马铃薯的种植与生产在农作物中占比越来越大, 其在保证中国粮食安全的同时, 还带动地方经济的发展^[4]。马铃薯产业是丽江市最具优势的高原特色产业之一, 无论是种植面积还是产量产值均已超过小麦, 成为继玉米、水稻之后的第三大作物^[5]。近年来, 马铃薯种植者一味追求高产, 缺乏肥料施用科学指导。氮肥长期不合理施用, 导致马铃薯产量与品质下降^[6]、土壤养分和土壤微生物群落失衡^[7], 严重的还会造成农业生态安全问题^[8]。近年来, 许多学者对马铃薯施氮量与晚疫病发生的关系进行了研究, 结果发现, 合理的氮肥施用可降低马铃薯晚疫病的发生、增加马铃薯产量; 氮肥施用量过大时, 晚疫病发病率较高, 不利于结薯^[9-11]。结合丽江市氮肥施用情况及晚疫病发生情况, 弥补当地对此方面研究的空缺, 为马铃薯生产合理施肥提供研究依据。本试验通过对不同马铃薯品种施用不同水平氮肥, 探索施氮量与晚

疫病发生的规律、不同抗病品种最适氮肥施用量, 为当地马铃薯施肥提供科学指导。

1 材料与amp;方法

1.1 试验地概况

2017~2018年试验设在丽江市农业科学研究所太安科技示范场, 位于丽江市玉龙县太安乡, N 26°47'29", E 104°4'55", 海拔2 720 m; 试验地土质为壤土, 通透性好, 保水保肥性好, 肥力均匀, 经华测公司测定土壤基本数据为全N 0.286%、全P 0.130%、全K 1.81 g/kg、速效N 292 mg/kg、速效P 75.90 mg/kg、速效K 124 mg/kg。

1.2 试验设计

供试肥料为尿素(N 46.4%)、过磷酸钙(P₂O₅ ≥16%)、硫酸钾(K₂O ≥52%)。田间采用随机区组设计。选择3个晚疫病抗性不同的马铃薯品种, 分别是: 抗病品种‘丽薯10号’(P1)、中抗品种‘青薯9号’(P2)和感病品种‘中甸红’(P3)。氮施用量设5个浓度梯度, 分别是: 15 kg/667m²(T1)、20 kg/667m²(T2)、25 kg/667m²(T3)、30 kg/667m²(T4)和35 kg/667m²(T5), 折合尿素(N 46.4%)用量分别为: 32.33, 43.10, 53.88, 64.66和75.43 kg/667m², 平均分2次施加, 第1次作基肥, 第2次结合培土施加, 3次重

复, 裂区设计, 不同品种为主区、不同施氮量为副区。施用 1 500 kg/667m²农家肥、30 kg/667m²过磷酸钙(P₂O₅ ≥16%)、15 kg/667m²硫酸钾(K₂O ≥52%)作基肥, 于6月结合中耕除草追施 30 kg/667m²过磷酸钙(P₂O₅ ≥16%)、15 kg/667m²硫酸钾(K₂O ≥52%)。小区面积 15 m², 每个小区种植 5 垄, 垄长 4.7 m, 垄距 80 cm。

1.3 田间管理

2017年3月23日采用马铃薯“平播后起垄”栽培技术种植, 种植密度为 3 550 粒/667m², 2017年6月8日结合中耕除草, 进行第2次追肥。

2018年3月20日采用马铃薯“平播后起垄”栽培技术种植, 种植密度为 3 550 粒/667m², 2018年6月8日结合中耕除草, 进行第2次追肥。

1.4 病情调查

生育期内每 10 d 对马铃薯晚疫病发生情况目测调查。收获时记载商品薯(大中薯 ≥75 g)和非商品薯(小薯和畸形薯 <75 g)重量, 并按当时田间收购价折算 667 m²产值。

马铃薯晚疫病病情分级标准^[12]。0级: 无病

斑; 1级: 病斑面积占整个叶面积 5% 以下; 3级: 病斑面积占整个叶面积 6%~10%; 5级: 病斑面积占整个叶面积 11%~20%; 7级: 病斑面积占整个叶面积 21%~50%; 9级: 病斑面积占整个叶面积 50% 以上。

病情指数 = $\sum(\text{各级病叶数} \times \text{相对病级数值}) / (\text{调查总叶数} \times 9)$

防治效果(%) = $(\text{CK病情指数} - \text{处理病情指数}) / \text{CK病情指数} \times 100$

产量调查: 收获时对各小区进行实收测产。

1.5 数据处理与分析

利用 Excel 2010 进行数据统计, 利用方差分析软件(stst 1.00)进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同施氮量对马铃薯晚疫病发生的影响

不同品种马铃薯施用同水平氮肥, 晚疫病发病率不同(表 1), 具体表现为‘丽薯 10 号’晚疫病抗性最强、‘青薯 9 号’次之、‘中甸红’最差。相同马铃薯品种施用不同水平氮肥, 晚疫病发病率

表 1 不同施氮量马铃薯晚疫病病情指数

Table 1 Disease index of potato late blight under different nitrogen application rates

品种 Variety	施氮水平 Nitrogen application rate	病情指数 Disease index	
		2017	2018
丽薯 10 号 Lishu 10	T1	0.47 eE	0.17 fF
	T2	0.43 eE	0.15 fF
	T3	0.49 eE	0.19 eE
	T4	0.61 dD	0.28 eE
	T5	0.67 cC	0.22 eE
青薯 9 号 Qingshu 9	T1	0.64 cC	0.58 dD
	T2	0.66 cC	0.61 dD
	T3	0.78 bB	0.61 dD
	T4	0.79 bB	0.73 cC
	T5	0.82 bB	0.73 cC
中甸红 Zhongdianhong	T1	0.69 cC	0.80 bB
	T2	0.81 bB	0.76 cC
	T3	0.88 aA	0.83 aA
	T4	0.83 bB	0.85 aA
	T5	0.92 aA	0.88 aA

注: 同列不同小写和大写字母分别表示 0.05 和 0.01 水平显著, 采用 LSD 法进行多重比较。下同。

Note: Different lowercase and uppercase letter(s) in the same column indicate significant differences at levels of 0.05 and 0.01, respectively, as tested using LSD method. The same below.

也不相同, 从2年试验结果可以看出, 3个品种在施用较低水平氮肥时, 晚疫病发病率也较低, 当施氮量大于25 kg/667m²时, 晚疫病发病率随着施氮量的增加而增高。‘丽薯10号’在施用20 kg/667m²氮肥时, 晚疫病发病率最低; ‘青薯9号’在施用15 kg/667m²氮肥时, 晚疫病发病率最低; ‘中甸红’在施用15和20 kg/667m²氮肥时, 晚疫病发病率最低。3个对晚疫病抗性不同品种在施用35 kg/667m²氮肥时, 晚疫病发病指数达最大值。

2.2 不同施氮水平对马铃薯产量的影响

收挖每个小区(15 m²)马铃薯后进行测产, 发现同一马铃薯品种施用不同水平氮肥, 其产量不同(表2), 在施用15~20 kg/667m²氮肥时, 对马铃薯增产具有促进作用, 当氮肥施用量大于25 kg/667m²时, 随着施用量增高, 产量逐渐降低。‘丽薯10号’在施用

20 kg/667m²氮肥时, 产量最高, 2年产量分别为1 671和2 059 kg/667m², 与施用30和35 kg/667m²(2018年除外)氮肥的产量差异极显著; ‘青薯9号’在施用15 kg/667m²氮肥时, 产量最高, 2年产量分别为1 256和1 197 kg/667m², 与施用30和35 kg/667m²氮肥的产量差异显著; ‘中甸红’在施用15和20 kg/667m²氮肥时, 产量最高, 2年最高产量分别为1 000和666 kg/667m², 与施用35 kg/667m²(2018年除外)氮肥的产量差异极显著。不同品种在同一氮肥水平下, 产量也有差异, ‘丽薯10号’2年产量均显著高于‘青薯9号’和‘中甸红’, ‘青薯9号’2年产量与‘中甸红’差异也大体表现出显著。3个品种产量差异显著, 一方面可能受到晚疫病的影响, 另一方面也可能是品种遗传特性所导致。

表2 不同施氮量马铃薯产量
Table 2 Yield of potato under different nitrogen application rates

品种 Variety	施氮水平 Nitrogen application rate	折合产量(kg/667m ²) Equivalent yield	
		2017	2018
丽薯10号 Lishu 10	T1	1 593 aAB	1 978 abA
	T2	1 671 aA	2 059 aA
	T3	1 549 abABC	1 868 abA
	T4	1 382 bcBCD	1 664 bA
	T5	1 196 cdDE	1 805 abA
青薯9号 Qingshu 9	T1	1 256 cCD	1 197 cB
	T2	1 223 cCD	1 107 cBC
	T3	948 efEFG	1 111 cBC
	T4	869 efEFG	776 dBCD
	T5	749 efgFGH	753 dBCD
中甸红 Zhongdianhong	T1	1 000 deEF	575 deD
	T2	791 efgFGH	666 deCD
	T3	694 ghGH	472 deD
	T4	705 fgFGH	427 deD
	T5	499 hH	351 eD

2.3 不同施氮水平对马铃薯商品薯率及效益的影响

同一品种马铃薯在低氮条件下, 商品薯率较高, 所产生的经济效益也越好, 随着氮水平增高, 其商品薯率及经济效益逐渐降低, 具体表现为2年平均‘丽薯10号’在施用20 kg/667m²氮肥时,

商品薯率及经济效益最高; ‘青薯9号’在施用15和20 kg/667m²氮肥时, 商品薯率及经济效益最高; ‘中甸红’在施用15和20 kg/667m²氮肥时, 商品薯率及经济效益最高(表3)。

对试验结果进行综合分析, 同一马铃薯品种

表3 不同施氮量马铃薯商品薯率及经济效益

Table 3 Marketable tuber percentage and economic benefit of potato under different nitrogen application rates

品种 Variety	施氮水平 Nitrogen application rate	2017		2018	
		商品薯率(%) Marketable tuber percentage	产值(元/667m ²) Output value (Yuan/667m ²)	商品薯率(%) Marketable tuber percentage	产值(元/667m ²) Output value (Yuan/667m ²)
丽薯10号 Lishu 10	T1	68.35	1 935.32	90.07	2 790.14
	T2	71.34	2 075.77	88.92	2 883.70
	T3	66.24	1 852.76	88.85	2 613.91
	T4	64.10	1 625.97	88.20	2 319.00
	T5	63.47	1 401.18	87.81	2 508.79
青薯9号 Qingshu 9	T1	71.71	1 563.74	84.59	1 629.64
	T2	69.69	1 500.85	87.56	1 537.19
	T3	66.87	1 139.39	83.20	1 498.74
	T4	61.80	1 004.49	83.97	1 052.50
	T5	59.74	852.04	85.55	1 032.05
中甸红 Zhongdianhong	T1	50.89	1 058.05	74.61	730.93
	T2	46.44	805.37	78.53	870.27
	T3	45.18	752.82	69.70	579.14
	T4	47.72	778.15	72.79	536.47
	T5	36.60	463.96	71.31	436.02

注: 商品薯(≥75 g)按平均价1.5元/kg计算, 小薯(<75 g)按0.6元/kg计算。

Note: Marketable tubers (≥75 g) are calculated at an average price of 1.5 Yuan/kg, and small tubers (<75 g) are calculated at 0.6 Yuan/kg.

随着氮肥施用量的增加, 晚疫病发病率逐渐增加、产量和经济效益逐渐降低。具体表现为随着施氮量的增加, ‘丽薯10号’2017年晚疫病病情指数由0.47增加到0.67, 产量从1 593 kg/667m²减少到1 196 kg/667m², 产值从1 935.32元/667m²降低到1 401.18元/667m², 2018年晚疫病病情指数由0.17增加到0.22, 产量从1 978 kg/667m²减少到1 805 kg/667m², 产值从2 790.14元/667m²降低到2 508.79元/667m²; ‘青薯9号’2017年晚疫病病情指数由0.64增加到0.82, 产量从1 256 kg/667m²减少到749 kg/667m², 产值从1 563.74元/667m²降低到852.04元/667m², 2018年晚疫病病情指数由0.58增加到0.73, 产量从1 197 kg/667m²减少到753 kg/667m², 产值从1 629.64元/667m²降低到1 032.05元/667m²; ‘中甸红’2017年晚疫病病情指数由0.69增加到0.92, 产量从1 000 kg/667m²减少到499 kg/667m², 产值从1 058.05元/667m²降低到463.96元/667m², 2018年晚疫病病情指数由0.80增

加到0.88, 产量从575 kg/667m²减少到351 kg/667m², 产值从730.93元/667m²降低到436.02元/667m²。不同品种马铃薯在同一施氮水平下, 晚疫病发病率、产量不同。具体表现为‘丽薯10号’晚疫病抗性最强、产量最高, 其次为‘青薯9号’, 最差为‘中甸红’。其中, ‘丽薯10号’最佳氮肥施用量为20 kg/667m², ‘青薯9号’最佳氮肥施用量为15 kg/667m², ‘中甸红’最佳氮肥施用量为15 kg/667m²。

3 讨论

马铃薯对氮元素敏感, 施用充足的氮肥是马铃薯高产的重要保证。前人研究发现, 马铃薯产量提高7.5 t/hm², 需施用2.75 kg氮素, 在肥力较差的地块施用, 增产效果更为明显^[13,14]。但是过量施用氮肥会导致土壤酸化或盐渍化, 当氮肥施用超过一定量时, 马铃薯产量甚至有降低的趋势^[15]; 大量施用氮肥还会导致马铃薯晚疫病等真菌性病害的发生, 从而导致马铃薯产量和品质降低^[16]。

近年来, 部分学者对不同施氮水平的土壤微生物、土壤水解酶活性、植株酶活性和晚疫病发病情况进行了探究, 对马铃薯氮肥施用提出科学性依据^[9,10]。

本研究揭示了施氮量与马铃薯产量及晚疫病的关系, 过量施用氮肥会导致马铃薯晚疫病发病率增加、产量和经济效益降低, 研究结果可为今后马铃薯晚疫病防治提供新思路。但是, 该研究尚有不足, 未从土壤养分、土壤微生物群落等方面解释施氮量与晚疫病发生的规律。故在以后的研究中, 应从土壤微环境、植株酶活性等方面深入研究, 全方位解释过量施用氮肥导致马铃薯晚疫病发病率高、产量下降的原因, 甚至还可以从分子生物学的角度进一步的剖析, 找出关键调控基因, 从而使施氮量与晚疫病发生之间关系更加清晰。

[参 考 文 献]

- [1] 王季春. 不同施氮量对马铃薯的影响 [J]. 马铃薯杂志, 1994, 8(2): 76-80.
- [2] Jackson S D. Multiple signaling pathways control tuber induction in potato [J]. *Plant Physiology*, 1999, 119(1): 1-8.
- [3] 马莺. 马铃薯加工业的现状与发展前景 [J]. 中国马铃薯, 2001, 15(2): 123-125.
- [4] 刘紫佳, 于静, 樊明寿, 等. 氮肥效率的评价及其在马铃薯上的研究进展 [J]. 中国马铃薯, 2021, 35(5): 469-473.
- [5] 王绍林, 和习琼, 和平根, 等. 依托资源优势打造云南优质马铃薯种薯基地 [C]//金黎平, 吕文河. 马铃薯产业与美丽乡村. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 2020: 46-49.
- [6] 宋伯符, 王军, 张志铭, 等. 我国马铃薯晚疫病研究的进展和建议 [J]. 马铃薯杂志, 1996, 10(3): 138-143.
- [7] 严君, 韩晓增, 王树起, 等. 不同形态氮素对种植大豆土壤中微生物数量及酶活性的影响 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2010, 16(2): 341-347.
- [8] 王艳群, 彭正萍, 薛世川, 等. 过量施肥对设施农田土壤生态环境的影响 [J]. *农业环境科学学报*, 2005(s1): 81-84.
- [9] 靳学慧. 氮素对马铃薯根际微生物和抗病相关生理生化物质及产量的影响 [D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2015.
- [10] 杨瑒. 施氮量对马铃薯根际土壤生物活性及晚疫病发生程度的影响 [D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2014.
- [11] 郝娜. 不同氮水平对马铃薯抗晚疫病生理生化指标的影响 [D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2012.
- [12] 中华人民共和国农业部. NY/T 1854—2010 马铃薯晚疫病测报技术规范 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [13] 冯国莲. 马铃薯高产施肥技术 [J]. *四川农业与农机*, 2015(4): 45.
- [14] 麻汉林, 郭志平. 马铃薯高产施肥措施研究 [J]. 中国马铃薯, 2007, 21(1): 26-28.
- [15] 孙志梅, 武志杰, 陈利军, 等. 农业生产中的氮肥施用现状及其环境效应研究进展 [J]. *土壤通报*, 2006(4): 782-786.
- [16] Ali E A. Grain yield and nitrogen use efficiency of pearl millet as affected by plant density, nitrogen rate and splitting in sandy soil [J]. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, 2010, 7(3): 327-335.