

中图分类号: S532 文献标识码: B 文章编号: 1672-3635(2014)05-0281-05

土壤肥料

叶柄硝态氮含量与炸条型马铃薯块茎干物质含量的关系

姜丽丽¹, 王梓全², 吴立萍¹, 尤 晗¹, 金光辉^{1*}

(1. 黑龙江八一农垦大学农学院, 黑龙江 大庆 163319; 2. 东北农业大学农学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘要: 以‘抗疫白’(Kennebec)为供试材料, 设计6个氮肥梯度, 通过田间小区试验, 研究不同施氮量对马铃薯块茎干物质含量的影响, 并测定植株叶柄的硝态氮含量, 建立叶柄硝态氮含量与炸条型马铃薯块茎干物质含量函数模型。结果表明, 马铃薯块茎干物质含量随着施氮量的增加表现为单峰曲线变化。对施氮量和马铃薯块茎干物质含量进行拟合二次函数方程, 预测出‘抗疫白’在施氮量为122 kg/hm²时干物质含量达到了最大值20.6%。不同时期的叶柄硝态氮含量与块茎干物质含量相关性均达到了显著水平, 并获得相对应的函数方程, 计算得出获得最佳的干物质含量出苗第10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80和90 d叶柄硝态氮含量理论最佳值依次为2.45%, 2.20%, 2.06%, 1.74%, 1.51%, 1.34%, 1.08%, 0.87%和0.66%, 及叶柄硝态氮含量的最佳值与出苗后天数的拟合方程 $y = -0.02x + 2.3123$, $R^2 = 0.9949$ 。可以利用该拟合方程, 指导田间氮肥施用, 达到控制块茎干物质含量的目的。

关键词: 炸条型马铃薯; 干物质; 叶柄硝态氮; 函数关系

Relationship Between Nitrate N Concentration in Petiole and Dry Matter Content of French Fry Potato Tuber

JIANG Lili¹, WANG Ziquan², WU Liping¹, YOU Han¹, JIN Guanghui^{1*}

(1. College of Agronomy, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing, Heilongjiang 163319, China;

2. College of Agronomy, Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030, China)

Abstract: French fry potato variety ‘Kennebec’ was fertilized at six nitrogen rates in a plot experiment, and the effects of different nitrogen rates on potato dry matter content were studied. The nitrate N concentration in petiole of potato was determined; function model between nitrate N concentration in petiole and dry matter content of French fry potato tuber was obtained. The results showed that with increasing of the nitrogen, the change of dry matter content of potato was a single-peak curve. The quadratic function was fitted to N rate and dry matter content of potato, forecasting that the tuber dry matter content of ‘Kennebec’ reached 20.6% of the maximum value when nitrogen rate was 122 kg/ha. The correlation of the nitrate N concentration in petiole and dry matter content in different periods reached significant level, and the corresponding quadratic function was obtained, with the optimal value of the nitrate N concentration in petiole being 2.45%, 2.20%, 2.06%, 1.74%, 1.51%, 1.34%, 1.08%, 0.87% and 0.66% for 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 and 90 days after emergence, respectively. The equation of optimum value of the nitrate N concentration in petiole and days after emergence was $y = -0.02x + 2.3123$, $R^2 = 0.9949$. The equation could be used to guide applying nitrogen and achieve the goal of dry matter content control of potato.

Key Words: French fry potato; dry matter; nitrate N in petiole; functional relationship

收稿日期: 2014-07-07

基金项目: “十二五”农村领域国家科技计划课题(2012BAD06B02-05B); 黑龙江八一农垦大学学成、引进人才科研启动计划(XYB2012-02)。

作者简介: 姜丽丽(1982-)女, 助理研究员, 从事马铃薯遗传育种研究。

*通信作者(Corresponding author): 金光辉, 副教授, 博士, 主要从事马铃薯遗传育种研究, E-mail: ghjin1122@163.com。

马铃薯是重要的粮食兼蔬菜作物, 随着农业加工业的快速发展, 马铃薯已成为中国重要的食品、工业原料。近年来, 全球食用马铃薯消费正在从鲜薯转向增值的马铃薯加工食品, 油炸马铃薯条是欧美等国家的一种较常见的快餐食品, 由于其口感独特, 风味优良, 并且含有丰富的营养, 受到了众多消费者的青睐^[1]。

干物质含量是衡量马铃薯薯条加工品质的重要指标。干物质含量过高会使薯条水分过低, 口感发涩, 发硬; 干物质含量过低会导致薯条硬度不够, 炸条颜色偏黑。炸条型马铃薯适宜的干物质含量为18%~23%^[2]。马铃薯干物质含量一方面由品种的遗传特性决定; 另一方面, 自然生态条件和栽培措施也有至关重要的影响。在调控马铃薯品质的诸多因素中, 施氮是最为有效的方法之一^[3-5]。

马铃薯体内硝态氮含量不仅反映了植物氮素的营养状况, 还与马铃薯产量及产品品质密切相关^[6]。叶柄是植物累积硝态氮的主要器官, 马铃薯是需氮量较大的作物, 氮素营养是影响马铃薯生长发育及最终产量和品质的重要因素^[7]。本研究以炸条型马铃薯‘抗疫白’为材料, 探讨叶柄硝态氮含量与炸条型马铃薯块茎干物质含量的函数关系, 以期利用叶柄硝态氮含量来调控炸条型马铃薯的氮营养, 为马铃薯高产优质和肥料高效利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

炸条型马铃薯品种‘抗疫白’(Kennebec), 适合在黑龙江、吉林和内蒙古东北部等地种植, 具有高产、高干物质含量和低还原糖含量等特点。

1.2 试验设计

试验于2013年在黑龙江省双城市新兴乡进行。土壤类型为壤土, pH值6.5, 前茬为玉米, 播种时间2013年5月7日, 生育期间进行中耕、锄草各2次, 视气候干旱情况合理进行喷灌, 全生育期共灌溉8次, 灌溉总量80 mm, 晚疫病防治10次, 喷药罐喷施, 克露2.5 kg/hm², 大生2.5 kg/hm², 阿米西达0.6 kg/hm², 大生2.5 kg/hm², 安泰生2.5 kg/hm², 银法利1.2 kg/hm², 抑快净1.0 kg/hm², 福帅得0.5 kg/hm², 科佳0.5 kg/hm²。万灵0.24 kg/hm²。防治虫害2次, 收获前3 d杀秧, 收获时间为2013年10月1

日, 其他栽培措施按当地高产要求进行, 保持小区间一致。试验地生育期平均气温18.7℃, 生育时期降雨603 mm。

设6个施氮水平, 分别为0, 50, 100, 150, 200, 250 kg/hm² (用N₀、N₅₀、N₁₀₀、N₁₅₀、N₂₀₀和N₂₅₀表示), 采用随机区组试验设计方法, 4次重复, 小区行长8 m, 6垄, 小区面积43.2 m², 每小区内两边垄及第3垄为保护行, 取样时只取每垄中心6 m。P₂O₅ 180 kg/hm²、K₂O 240 kg/hm², 作为种肥一次性施入。氮肥1/2作种肥, 1/2作追肥(在第一次中耕6月1日), 氮磷钾肥料种类为尿素、过磷酸钙和硫酸钾。

1.3 测定项目和方法

1.3.1 叶柄硝态氮含量的测定

全生育期共取样9次, 取样日期为出苗后第10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80和90 d, 每小区取样20株, 取样部位为倒4叶叶柄, 取样位置在每个品种每个处理的第4和5垄中间6 m, 4次重复, 用冰盒带回实验室, 将新鲜的叶柄样品在烘箱(有通风扇)70~80℃下烘干12 h, 然后用粉磨机制成样品干粉备用。

采用电极方法^[8]测定植物叶柄硝态氮含量。

1.3.2 马铃薯收获后干物质含量的测定

在收获期, 每个处理只取第2垄中心6 m, 4次重复, 每个处理取块茎100 g, 然后在105℃杀青30 min后再于80℃下烘至恒重, 采用烘干称重法^[9]测定干物质含量。

1.4 数据分析

采用DPS 7.55处理软件和Excel 2007进行数据统计分析, 并用Duncan新复极差法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 施氮量对炸条型马铃薯干物质含量的影响

由图1可以看出, 随着施氮量的增加, ‘抗疫白’干物质含量也增加, 当施氮量为100 kg/hm²时, 干物质达到了最大值, 为20.7%, 随后干物质含量随施氮量的增加而减少, 这表明过量的氮不利于块茎干物质的积累。

以施氮量水平为自变量, 块茎中干物质含量为因变量, 通过拟合方程结果表明二次函数方程拟合良好(图1), 施氮水平对块茎干物质含量有显著影响, 施氮量与干物质含量的决定系数为0.9102,

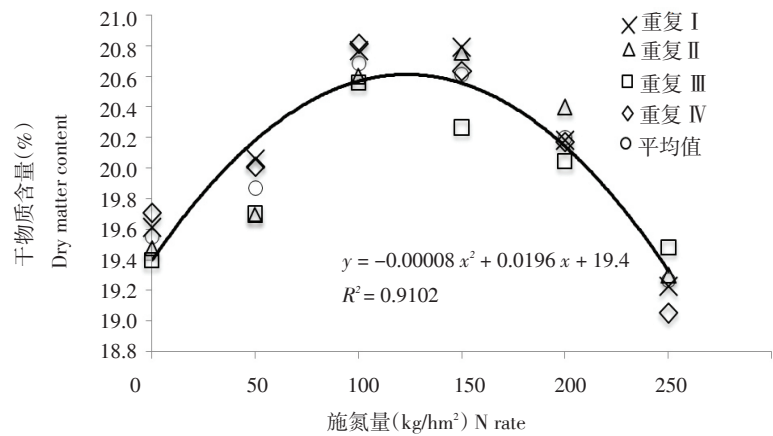


图 1 马铃薯品种‘抗疫白’在不同施氮量下块茎干物质含量的变化

Figure 1 Changes of tuber dry matter content of potato variety ‘Kennebec’ under different N rates

方程为 $y = -0.00008x^2 + 0.0196x + 19.4$ ，通过方程求导，‘抗疫白’获得最佳的干物质含量的施氮量为 122 kg/hm^2 ，干物质含量为 20.6% 。通过此方程可以预测出干物质的变化趋势，设计合理的施氮量，达到控制块茎干物质含量的目的。

2.2 施氮水平对炸条型马铃薯叶柄硝态氮含量的影响

图2表明，在整个生育期，‘抗疫白’叶柄硝态氮

含量随着施氮量的增加而增加，这种趋势在早期不明显， N_{100} – N_{250} 之间差异也不显著，这可能是由于早期植株全氮含量较高所致，但到了出苗后30 d（块茎形成期）之后，叶柄硝态氮含量随施氮量的增加而增加，处理之间差异显著性提高，出苗后40 d时， N_{250} 与其他处理差异均显著，并且 N_{200} 、 N_{150} 与 N_{100} 、 N_{50} 之间差异显著。各处理叶柄硝态氮含量均随着生育时期的推移，表现为逐渐下降的趋势。

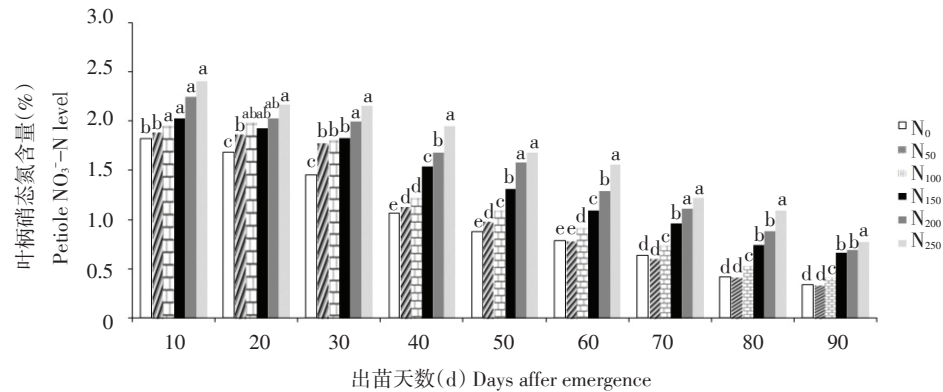


图 2 不同施氮处理下叶柄硝态氮含量生育期内的变化

Figure 2 Changes of petiole NO₃-N level in growth period under different N rates

2.3 叶柄硝态氮含量与炸条型马铃薯块茎干物质含量的函数关系

将不同时期‘抗疫白’的叶柄硝态氮含量与块茎干物质含量进行拟合方程，发现二次方程的拟合性较高，其相关性均达到了显著水平(表1)，获得了出苗后第10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80和90 d的叶柄硝态氮含量与干物质含量的拟合方程，通过对方程求导，计算得到叶柄硝态氮含

量的最佳值依次为 2.45% ， 2.20% ， 2.06% ， 1.74% ， 1.51% ， 1.34% ， 1.08% ， 0.87% 和 0.66% ，其对应的理论最高干物质含量分别为 20.7% ， 20.4% ， 20.4% ， 20.7% ， 20.8% ， 20.6% ， 20.8% ， 20.7% 和 21.1% 。这些干物质含量数值达到了加工薯条对干物质含量的要求，说明只要将叶柄硝态氮含量控制在适宜的范围内，就可以获得符合加工要求的块茎干物质含量。

表1 马铃薯叶柄硝态氮含量与干物质含量的拟合方程
Table 1 Regression of dry matter content and petiole NO₃-N level

出苗后天数 (d) Days after emergence	叶柄硝态氮含量与干物质含量的拟合方程 Regression equation of petiole NO ₃ ⁻ -N level and dry matter content	R ²	叶柄硝态氮含量最佳值 (%) Best petiole NO ₃ ⁻ -N level predicted	理论最高干物质含量 (%) Highest dry matter content predicted
10	$y = -15.0020x^2 + 62.908x - 45.2630$	0.9329	2.45	20.7
20	$y = -16.9420x^2 + 65.096x - 42.1020$	0.7206	2.20	20.4
30	$y = -8.1219x^2 + 29.181x - 5.7907$	0.7319	2.06	20.4
40	$y = -6.3714x^2 + 18.671x + 6.9995$	0.8791	1.74	20.7
50	$y = -8.3764x^2 + 21.346x + 7.1740$	0.9097	1.51	20.8
60	$y = -7.3807x^2 + 16.505x + 11.4050$	0.8488	1.34	20.6
70	$y = -13.7150x^2 + 24.637x + 9.7333$	0.8717	1.08	20.8
80	$y = -9.9752x^2 + 14.258x + 15.5740$	0.8747	0.87	20.7
90	$y = -34.130x^2 + 37.066x + 11.0720$	0.9589	0.66	21.1

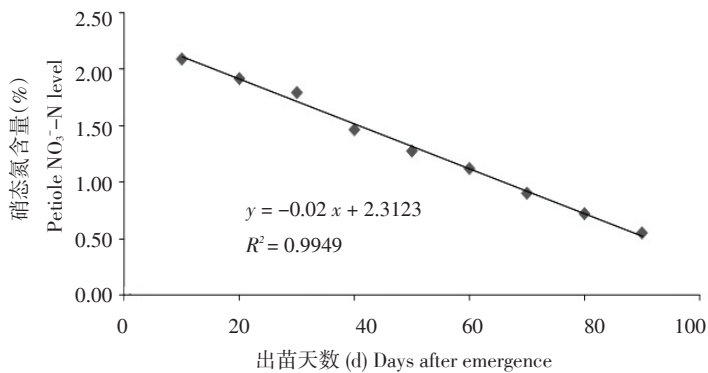


图3 出苗天数与叶柄硝态氮含量的拟合模型

Figure 3 Fitting regression model of emergence days and petiole NO₃⁻-N levels

将计算得出的出苗后第10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80和90 d的叶柄硝态氮临界值与对应的出苗天数进行拟合, 获得线性方程 $y = -0.02x + 2.3123$ (图3), 发现其线性方程拟合达到极显著水平, $R^2 = 0.9949$ 。通过拟合方程可以看出, 叶柄硝态氮临界值随出苗天数的变化呈逐渐下降的趋势, 与田间观察的植株状况相同, 说明可以利用叶柄硝态氮含量的函数方程指导田间施肥, 达到控制块茎干物质含量的目的。

3 讨 论

块茎干物质含量是衡量马铃薯薯条加工品质的重要指标, 直接影响炸薯条产品的外观和口

感, 关系到产品的等级划分^[10]。Lin等^[11]研究表明, 施氮量过多会导致干物质含量降低; Leszczyński和Lisińska^[12]也表示在高肥力地块随施氮量的增加, 干物质含量逐渐降低; Silva等^[13]研究表明, 当在施氮量在168 kg/hm²时干物质含量达到最大值, 之后干物质含量开始下降。本试验研究表明, 随着施氮量的增加, 干物质含量增加, 当施氮量达到100 kg/hm²后干物质含量随施氮量的增加而减少, 这表明过量的氮不利于块茎干物质的积累。本研究进一步对干物质与施氮量的相关性进行了分析, 获得了二次函数模型, 得出‘抗疫白’理论最高的干物质含量20.6%, 符合加工要求。在实际加工生产中, 当块茎干物质含量在

20%~23%之间时, 就可以加工出符合肯德基、麦当劳和德克士等要求的高端产品。

叶柄硝态氮含量一般作为产量的诊断指标, 氮肥的施用量与马铃薯体内硝态氮含量有密切关系^[14]。张学军等^[15]研究表明, 在马铃薯块茎形成期和块茎膨大期随着滴灌量的增加, 叶柄硝态氮含量呈降低的趋势, 但随着施氮量的增加, 叶柄硝态氮含量也随着增加。

本研究对叶柄硝态氮含量与干物质含量的关系进行研究, 建立了函数方程, 其相关性达到了显著水平, 说明可以利用叶柄硝态氮含量来监控植株的氮营养, 最终达到获得理想干物质含量的目的。但这种方法是否有效, 还需要在以后的试验中进一步验证, 由于本研究是以干物质含量为主要目标, 没有考虑经济效益和产量的问题, 因此还需要对叶柄硝态氮含量阈值进一步的修正, 达到通过控制叶柄硝态氮含量来改善品质, 提高产量, 获得最大经济效益的目的。

[参 考 文 献]

- [1] 张建辉, 徐晓云, 王克勤, 等. 油炸马铃薯条的感官评价与仪器测定的相关分析[J]. 食品科学, 2013, 34(14): 237-240.
- [2] 滕卫丽. 国外炸条型马铃薯品种的产量和品质指标的变化及其相互关系[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2002.
- [3] 梁潇, 张胜, 蒙美莲, 等. 追氮对膜下滴灌马铃薯氮素吸收积累规律及利用效率的影响[J]. 中国马铃薯, 2013, 27(1): 42-47.
- [4] 孙磊, 谷浏涟, 刘向梅, 等. 氮肥施用时期对马铃薯氮素积累与分配的影响[J]. 中国马铃薯, 2011, 25(6): 350-355.
- [5] 门福义, 刘梦芸. 马铃薯栽培生理[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- [6] 童依平, 蔡超, 刘全友, 等. 植物吸收硝态氮的分子生物学进展[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(4): 433-440.
- [7] 朱飞飞, 王朝辉, 李生秀. 不同油菜品种苗期叶柄硝态氮含量与产量及品质的关系[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(2): 80-84.
- [8] 张朗山, 邓波儿, 杨竹青, 等. 硝酸根电极法测定棉花叶柄中硝态氮[J]. 华中农业大学学报, 1985, 4(3): 102-104.
- [9] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术2[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [10] 金黎平, 刘肃, 谢开云, 等. NY/N1605-2008中华人民共和国农业行业标准-加工用马铃薯(油炸)[S]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [11] Lin S, Sattelmacher B, Kutzmutz E, *et al.* Influence of nitrogen nutrition on tuber quality of potato with special reference to the pathway of nitrate transport into tubers [J]. Journal of Plant Nutrition, 2005, 27(2): 341-350.
- [12] Leszczyński W, Lisińska G. Influence of nitrogen fertilization on chemical composition of potato tubers [J]. Food Chemistry, 1988, 28(1): 45-52.
- [13] Silva G H, Chase R W, Hammerschmidt R, *et al.* Irrigation, nitrogen and gypsum effects on specific gravity and internal defects of Atlantic potatoes [J]. American Potato Journal, 1991, 68(11): 751-765.
- [14] 张延丽, 田吉林, 翟丙年, 等. 不同施氮水平下黄瓜叶片SPAD值与硝态氮含量及硝酸还原酶活性的关系[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2009, 37(1): 189-193.
- [15] 张学军, 周娜娜, 陈晓群, 等. 不同滴灌量和施氮量对马铃薯硝酸盐累积的影响[J]. 灌溉排水学报, 2004, 23(4): 23-25.

欢迎订阅《中国马铃薯》杂志

《中国马铃薯》杂志是由东北农业大学和中国作物学会马铃薯专业委员会主办的国内唯一的马铃薯专业领域科技期刊。它以繁荣我国马铃薯事业为办刊宗旨, 设有遗传育种、栽培生理、土壤肥料、病虫害防治、综述、简报、品种介绍等栏目。

本刊国内外公开发行, 双月刊, 大16开本, 每期定价12.00元, 全年72.00元, 哈尔滨市邮局发行, 全国各地邮局订, 邮发代号: 14-167。读者也可直接汇款至编辑部订阅。

本刊承揽广告业务, 欢迎各界广为利用。

通讯地址: 哈尔滨市东北农业大学《中国马铃薯》编辑部 邮编: 150030 电话: 0451-55190003