

施氮量对炸条型马铃薯产量及叶面积的影响

姜丽丽¹, 王梓全², 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: 以炸条型马铃薯品种‘抗疫白’(Kennebec)为供试材料, 设计6个施氮水平, 通过田间小区试验, 研究不同施氮量对马铃薯产量和叶面积指数的影响。施氮量与马铃薯产量的关系用二次函数拟合效果良好, 方程为 $y = -0.0012x^2 + 0.3717x + 18.6720$, 对方程求导, 当施氮量达到154.8 kg/hm²时产量达到了最大值47.5 t/hm²。不同时期的叶面积指数与产量的关系用二次方程拟合效果良好, 对方程求导, 获得的叶面积指数适宜的范围, 出苗后20, 30, 40, 50, 60, 70, 80和90 d的叶面积指数依次为2.35~2.62, 2.84~3.20, 4.19~4.66, 5.23~5.60, 4.31~5.04, 4.29~4.96, 3.53~4.10和2.78~3.42。

关键词: 施氮量; 炸条型马铃薯; 产量; 叶面积

Effects of Different Nitrogen Rates on Yield and Leaf Area of French Fry Potato

JIANG Lili¹, WANG Ziquan², 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 'Kennebec' was fertilized at six nitrogen rates in a plot experiment, and the effects of different nitrogen rates on potato yield and leaf area index were studied. With the increase of nitrogen rate, the yield of 'Kennebec' increased at first and then decreased, and the relation of nitrogen rate and potato tuber yield could be described by a quadratic function, $y = -0.0012x^2 + 0.3717x + 18.6720$. The yield of 'Kennebec' reached 47.5 t/ha of maximum value, when the nitrogen rate was at 154.8 kg/ha. The relation of leaf area index and potato tuber yield could also be described by quadratic function, with the optimal ranges of leaf area index were 2.35-2.62, 2.84-3.20, 4.19-4.66, 5.23-5.60, 4.31-5.04, 4.29-4.96, 3.53-4.10 and 2.78-3.42 for 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 and 90 days after the emergence, respectively.

Key Words: nitrogen rate; French fry potato; yield; leaf area

马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)是茄科茄属多年生草本块茎植物,是粮菜兼用作物,也是休闲食品的加工原料。油炸薯条是美式快餐的主要食品之一,近年来,由麦当劳、肯德基等快餐店培育起来的消费群体正在快速膨胀,油炸薯条在中国的市场消费量不断增加^[1]。炸条型马铃薯对产量和

品质都有着极高的要求,马铃薯是喜肥作物,氮素是马铃薯植株健壮生长和获得较高产量不可缺少的肥料之一。缺氮往往使马铃薯生长速率变慢,植株变弱,茎秆细小,叶片小,产量和品质下降^[2]。施氮量过大则会导致植株徒长,分枝数过多,茎叶相互遮荫,叶片的光合效率降低,植株底部叶片不见

收稿日期: 2014-04-16

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省作物学重点学科学术骨干科研启动基金项目(ZWXQDJ-9)。

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。

光而变黄脱落,降低产量^[3,4]。

叶面积是衡量作物光合作用能力的重要生理指标,叶面积是光合性能中与产量关系最为密切、变化最大的而又最易控制的一个方面,较大的叶面积明显改善马铃薯群体的冠层结构,以达到充分吸收和利用光的作用,为马铃薯高产提供能量来源。叶面积指数是叶面积的直接体现,在一定的范围内,增施氮肥显著增加马铃薯的叶面积指数,从而提高光合效率,最终达到提高作物产量的目的^[5]。因此,研究不同施氮量对马铃薯叶面积指数和产量的影响,以及叶面积指数与产量的关系,确定适宜的叶面积指数范围,可作为马铃薯优化栽培的理论依据之一。

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(GPS: 45.495872, 126.551181),土壤类型为壤土,

pH值6.5,前茬为玉米,播种时间为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,灌溉总量为80 mm,晚疫病防治10次,喷药罐喷施,依次为克露2.5 kg/hm²,大生2.5 kg/hm²,阿米西达0.6 kg/hm²,大生2.5 kg/hm²,福帅得0.5 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;虫害防治2次,喷药罐喷施,万灵0.24 kg/hm² 2次,收获前3 d杀秧,收获时间为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和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,小区长度为8 m、4垄,小区面积28.8 m²,小区内两边垄为保护行,取样时只取中间2垄,每垄的中心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,土壤基础肥力见表1。

表1 田间土壤基础肥力
Table 1 Soil fertility nutrient contents of soil

全氮 (%)	全磷 (%)	全钾 (%)	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	有机质 (g/kg)
Total N	Total P	Total K	(mg/kg)	(mg/kg)	Available P	Available K	Organic matter
0.28	0.17	66.10	46.29	32.48	35.31	286.73	30.20

1.3 测定项目和方法

1.3.1 产量的测定

在收获期测定产量相关数据时,每个处理取左边垄起第2垄,每垄的中心6 m,4次重复,测定总的株数,总的结薯数和薯块重,然后计算产量。

1.3.2 叶面积指数的测定

每处理取左边垄起第3垄,每垄的中心6 m,4次重复,每次选取具有代表性的植株3株,擦净叶片,用打孔器打取叶片不同部位10圆片,称重,计算叶面积。

叶面积 = 叶重/打孔叶重 × 打孔叶面积

叶面积指数 = 叶面积/土地面积

全生育期共测定8次,测定日期分别为出苗后

第20, 30, 40, 50, 60, 70, 80和90 d。

1.4 数据分析

采用DPS7.55处理软件和Excel 2007进行数据统计。

2 结果与分析

2.1 炸条型马铃薯施氮量与产量拟合模型

由图1可以看出,‘抗疫白’产量随施氮量的增加表现为先增加后降低,施氮量过低或过高均不利于高产。施氮量与马铃薯产量的关系用二次方程拟合效果良好,施氮量与产量相关性较高,R²为0.9592,方程为: $y = -0.0012x^2 + 0.3717x + 18.6720$,对方程求导,当施氮量为154.8 kg/hm²时产量达到最大值

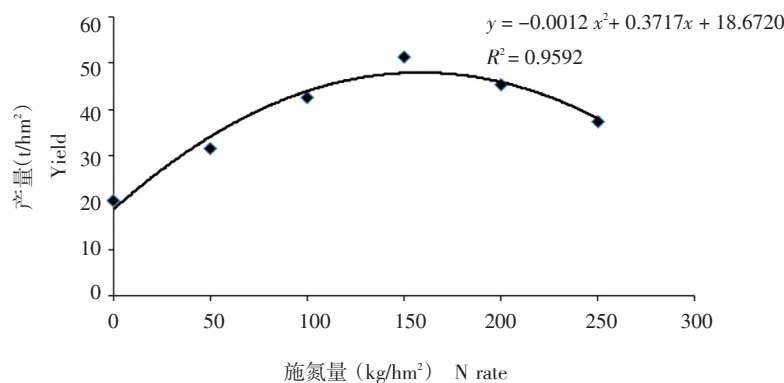


图 1 不同施氮量对马铃薯产量的影响

Figure 1 Effects of different N rates on potato yield

47.5 t/hm²。

2.2 施氮量对炸条型马铃薯叶面积指数的影响

如表2所示,随着生育时期的推移,‘抗疫白’叶面积指数逐渐增加,在出苗后50或60 d(块茎膨大期)达到最大值,随后叶面积指数逐渐降低。不同的施氮处理叶面积指数达到最大的时间不同,N₂₅₀和N₂₀₀在出苗后60 d达到最大值。而N₀至N₁₅₀在出苗后50 d达到最大值。另外,叶面积指数随着施氮量的升高而增加,出苗后20 d(苗期),N₁₀₀至N₂₅₀处理与N₅₀和N₀差异显著,出苗后30 d(块茎形成期),N₂₀₀和N₂₅₀处理与N₁₀₀、N₅₀和N₀差异显著。说明在块茎形成期,随施氮量的增加,叶面积指数明显提高。出苗后40~60 d后各处理差异逐渐增大,在出苗后70 d时各处理差异均显著,此后植株开始衰老,出苗后80~90 d时,各处理差异逐渐缩小。N₂₅₀处理叶面积指数变化与其它处理差异显著,这是由于施氮量过多,植株生长过旺,叶面积指数下降缓慢。

表 2 炸条型马铃薯品种在不同施氮水平时叶面积指数的变化
Table 2 Changes of leaf area index of French fry potato variety under different N rates

施氮量 (kg/hm ²) N rate	叶面积指数 Leaf area index								平均值 Average
	20 d	30 d	40 d	50 d	60 d	70 d	80 d	90 d	
N ₀	2.06 b	2.49 c	3.56 c	4.38 d	3.65 d	3.60 f	3.00 d	2.29 d	3.13
N ₅₀	2.09 b	2.55 c	3.99 c	4.88 c	4.01 c	3.77 e	3.13 d	2.40 d	3.35
N ₁₀₀	2.64 a	2.96 b	4.03 bc	5.14 b	4.18 c	4.44 d	3.58 c	2.83 c	3.73
N ₁₅₀	2.66 a	3.02 ab	4.97 a	5.63 a	5.27 b	4.95 c	4.06 b	2.96 c	4.19
N ₂₀₀	2.87 a	3.24 a	5.01 a	5.23 ab	5.74 a	5.34 b	4.30 b	3.72 b	4.43
N ₂₅₀	2.96 a	3.27 a	5.01 a	5.64 a	5.98 a	5.86 a	4.86 a	4.27 a	4.79
平均值 Average	2.55	2.99	4.43	5.15	4.81	4.66	3.82	3.08	

2.3 叶面积指数与产量的关系

本试验将不同时期的叶面积指数与产量进行拟合方程,结果表明,二次函数方程的拟合效果良好,其相关性均达到了显著水平(表3)。对方程求导可知,出苗后20~90 d的叶面积指数依次为2.62, 3.20, 4.66, 5.60, 5.04, 4.96, 4.10和3.42时,可获得‘抗疫白’理论最高产量。通过方程计算出不同生育时期的叶面积指数的临界值(产量下降到最高产量的90%时的叶面积指数),20~90 d的叶面积指数的临界值依次为2.35, 2.84, 4.19, 5.23, 4.31, 4.29, 3.53和2.78。当叶面积指数低于临界值,说明叶面积不足,不利于光合作用的最大化,导致产量下降;叶面积指数高于最适值时,叶面积过大,会导致叶片相互遮荫,叶片的光合效率降低,导致延

表3 叶面积指数与产量的关系
Table 3 Relationship between leaf area index and potato yield

出苗天数(d) Days after emergence	叶面积指数与产量的回归方程 Regression equation of leaf area index and potato yield	R^2
20	$y = -76.989x^2 + 402.80x - 478.91$	0.8563
30	$y = -47.693x^2 + 305.67x - 441.41$	0.8921
40	$y = -22.691x^2 + 211.45x - 445.40$	0.7716
50	$y = -17.189x^2 + 192.63x - 494.75$	0.7887
60	$y = -17.113x^2 + 172.64x - 382.52$	0.9721
70	$y = -14.502x^2 + 143.76x - 307.27$	0.9535
80	$y = -21.774x^2 + 178.60x - 317.01$	0.9050
90	$y = -21.940x^2 + 150.03x - 204.80$	0.9008

迟结薯，降低产量。叶面积指数适宜的范围为大于临

界值且小于最适值。通过以上分析可以得出‘抗疫白’获得高产的叶面积指数适宜的范围，即在出苗后20~90 d的叶面积指数依次为2.35~2.62、2.84~3.20、4.19~4.66、5.23~5.60、4.31~5.04、4.29~4.96、3.53~4.10和2.78~3.42。

将计算得出的出苗后第20~90 d的叶面积指数最适值和临界值与对应的出苗天数进行拟合方程（图2），结果表明，二次方程拟合效果良好，叶面积指数的最适值与出苗天数的拟合方程为 $y = -0.0019x^2 + 0.2254x - 1.3242$ ，决定系数为0.9161；叶面积指数临界值与出苗天数的拟合方程为 $y = -0.0018x^2 + 0.2090x - 1.2846$ ，决定系数为0.8715。将日期代入方程，对方程求导，即可获得不同生育时期的叶面积指数的适宜范围，调控叶面积指数，达到增强光合作用，最终获得高产的目的。

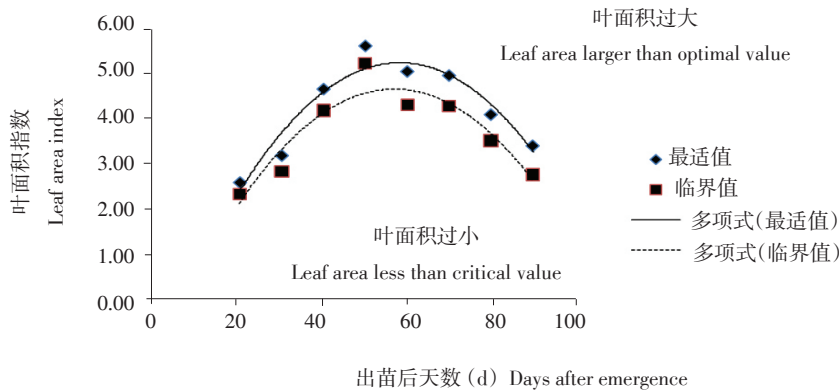


图2 出苗天数与叶面积指数的拟合模型

Figure 2 Fitting regression models of days after emergence and leaf area index

3 讨 论

氮素通过两个方面影响马铃薯的产量，一方面它影响马铃薯的主茎和分枝上叶片的叶面积，使同化面积增大，另一方面氮素可延长叶片的功能期，但是下部的茎叶相互遮荫却提前凋落^[6]。叶面积指数能较好地反映群体大小，作物产量随叶面积指数的增大而提高^[7]。增施氮肥可以促进茎叶生长，提高叶面积指数和光合势，并使生长中心和营养中心转移适当推后，可以延缓衰老，增加后期光合势，显著提高块茎的膨大速率，从而提高产量^[8]。本试验研究结果表明，随着施氮量的增加，叶面积指数增加，并且在整个生育期，叶面积指数均呈单峰曲

线变化，随着生育时期的推移，叶面积指数在出苗后50或60 d（块茎膨大期）达到最大值，随后叶面积指数逐渐降低。叶面积不是越大越好，叶面积过大，会导致光合效率降低，干物质积累量下降，并且降低对马铃薯晚疫病、病毒病、蚜虫和瓢虫等主要病虫害和其他逆境胁迫的抵御能力^[9,10]。

本试验将不同时期的叶面积指数与产量进行拟合方程，结果表明，二次函数拟合效果良好，产量随叶面积的增加，表现为单峰曲线变化趋势，当叶面积达到最适值时，产量达到最大值，随后产量开始下降。本文虽然获得了不同生育时期的叶面积指数的范围，但还需要在今后的试验中进一步验证其是否准确，并在试验中逐步完善

叶面积指数适宜的范围, 达到增强光合作用, 提高产量的目的。

[参 考 文 献]

- [1] 杨延辰, 杨炳南, 尹学清, 等. 我国马铃薯加工业发展现状与分析[M]//陈伊里, 屈冬玉. 马铃薯产业与农村区域发展. 哈尔滨: 哈尔滨地图出版社, 2013.
- [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] Zebbarth B J, Leclerc Y, Moreau G, *et al.* Rate and timing of nitrogen fertilization of Russet Burbank potato: yield and processing quality [J]. Canadian Journal of Plant Science, 2004, 84 (3): 855-863.
- [4] 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.
- [5] 赵怀勇, 何新春, 张红菊, 等. 整薯播种对马铃薯生长发育及产量和品质的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2009, 44 (3): 53-57.
- [6] 张西露, 刘明月, 伍壮生, 等. 马铃薯对氮、磷、钾的吸收及分配规律研究进展[J]. 中国马铃薯, 2010, 24(4): 237-241.
- [7] 孔令郁, 彭启双, 熊艳, 等. 平衡施肥对马铃薯产量及品质的影响[J]. 土壤肥料, 2004(3): 17-19.
- [8] 邓兰生, 林翠兰, 龚林, 等. 滴灌施用不同氮肥对马铃薯生长的影响[J]. 土壤通报, 2011, 42(1): 141-144.
- [9] 郑顺林, 李国培, 杨世民, 等. 施氮量及追肥比例对冬马铃薯生育期及干物质积累的影响[J]. 四川农业大学学报, 2009, 27(3): 270-274.
- [10] 郑若良, 氮钾肥比例对马铃薯生长和发育、产量及品质的影响[J]. 江西农业学报, 2004, 16(4): 39-42.

2013年优秀论文评选结果

为鼓励大家热爱马铃薯研究, 积极投稿《中国马铃薯》杂志或《中国马铃薯大会》论文集, 《中国马铃薯》杂志编辑部受中国作物学会马铃薯专业委员会的委托, 组织有关专家进行了优秀论文的评选活动。评选对象是年轻人(这里指的是具有中级职称或以下的科研人员以及研究生)。评选范围是2013年发表在《中国马铃薯》杂志和《马铃薯产业与农村区域发展》一书中的研究性论文(这里不包括综述、生产技术和品种介绍)。经过认真评选, 共评出优秀论文12篇, 其中一等奖2篇, 二等奖4篇, 三等奖6篇。

一等奖:

- (1) 马铃薯薯形突变体T-DNA插入侧翼序列分析—沈云龙等
- (2) 马铃薯ERF4转录因子基因的克隆和生物信息学分析—李卉等

二等奖:

- (1) 脱毒微型马铃薯气力倾斜圆盘排种器试验—毛琮等
- (2) 马铃薯抗青枯病和低温糖化体细胞杂种的鉴定—李琰等
- (3) 马铃薯块茎休眠解除过程的形态学观察与鉴定—文义凯等
- (4) 天然植物挥发性精油香芹酮对马铃薯的抑芽作用—葛霞等

三等奖:

- (1) 马铃薯品种米拉无性变异系“Rsy17”的耐旱性评价—王晨曦等
- (2) 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—梁潇等
- (3) 不同降水年型对马铃薯水分利用效率及水分生产潜力开发的影响——以武川县为例—张璐阳等
- (4) 炭基肥对马铃薯干物质积累分配和产量的影响—任少勇等
- (5) 马铃薯块茎蛾幼虫对不同寄生植物的取食选择性—王浩元等
- (6) 马铃薯Y病毒简并引物的开发与检测应用—史凤阳等

为表彰他们对中国马铃薯产业的发展所做出的突出贡献, 中国作物学会马铃薯专业委员会决定, 对优秀论文获奖者颁发荣誉证书, 并对一、二、三等奖获得者分别奖励人民币3000元、2000元、1000元, 以资鼓励。

中国作物学会马铃薯专业委员会