

氮肥施用时期对马铃薯干物质积累转运及产量的影响^①

谷浏涟¹, 孙磊^{1*}, 石瑛², 刘向梅¹, 刘元英¹

(1 东北农业大学资源与环境学院, 哈尔滨 150030; 2 东北农业大学农学院, 哈尔滨 150030)

摘要: 在相同施氮水平下, 通过小区试验研究不同时期追施氮肥对马铃薯中晚熟品种克新 13 干物质积累、转运及块茎产量的影响。结果表明, 在 N 150 kg/hm² 用量条件下, 与全部氮肥作基肥相比, 将 2/3 氮肥作基肥施入, 1/3 氮肥在块茎形成末期施用, 可使块茎产量提高 9.5%, 商品薯产量提高 19.3% ($P < 0.05$), 收获指数提高 13.2% ($P < 0.05$); 将 2/3 氮肥作基肥施入, 1/3 氮肥在块茎形成初期施用或将全部氮肥分别在苗期和块茎形成末期施用则使块茎产量有不同程度下降, 而商品薯率有所提高, 但差异未达显著水平 ($P > 0.05$)。研究还表明, 与全部氮肥作基肥相比, 在苗期至块茎形成末期追施氮肥, 都不会降低块茎中的淀粉含量和干物质含量。

关键词: 马铃薯; 氮肥施用时期; 干物质; 积累转运; 产量

中图分类号: S532; S143.1

马铃薯 (*Solanum tuberosum* L.) 是世界上重要的粮菜兼用作物之一, 我国马铃薯种植面积及总产居世界首位, 但平均单产仅为 14.5 t/hm², 远不及发达国家 (46.3 t/hm²) 水平^[1]。影响马铃薯产量的因素有很多, 在水分充足的条件下, 养分状况是限制马铃薯产量的重要因素之一, 而氮则是影响马铃薯产量的关键营养元素。

马铃薯全株干物质积累量是产量形成的物质基础, 干物质的分配方向是影响产量的关键因素^[2]。氮素营养对干物质积累转运具有重要的调节作用, 因此, 在生产上可通过调整氮肥管理措施来提高马铃薯的产量和品质。氮肥管理包括氮肥形态的选择、氮肥施用量及施用时期的确定等, 不同形态的氮素可在一定程度上影响作物生长和产量形成^[3-4], 其效果因作物种类而异; 氮肥施用量对产量的影响是近年来的研究热点^[5-6]。过量施用氮肥, 可造成马铃薯植株营养体生长过旺, 结薯延迟, 有时甚至可使营养物质由块茎倒流向茎叶, 减少干物质在块茎中的积累, 使块茎产量降低, 淀粉含量下降^[7-10]; 氮素不足, 生长中心则过早由茎叶转向块茎, 茎叶生长量不够, 光合生产“源”不足, 干物质合成量减少, 块茎产量降低^[11]。因此在适当的时期施入适量的氮肥, 是提高块茎产量和品质的重要管理措施。2007 年, Zebarth 和 Rosen^[12]

将最佳养分管理的概念引入到马铃薯生产, 旨在提高马铃薯产量和品质, 减少氮肥损失和环境风险, 该理论强调氮素的供应时期应与作物对氮素的需求时期一致。Rosen 和 Bierman^[13] 施入 38 kg/hm² 的启动氮作为基肥, 在苗期和中耕时分两次共追施 235 kg/hm² 的氮, 获得 62 t/hm² 的产量。Zelalem 等^[14] 将 138 kg/hm² 的氮按 1:1 的比例分别在播种和播种后 45 天施入, 每公顷获得 46.5 t 的产量。Rosen 指出, 在播种期降低氮肥施用量, 生育期间根据叶柄汁液中的硝酸盐浓度确定氮肥追施量, 既能降低硝酸盐的淋洗损失又能增加马铃薯的块茎产量。但 Joern 和 Vitosh^[15] 认为, 马铃薯产量随底肥氮施入量的增加而增加, 生育期追肥并没有明显的增产作用。孙磊等^[11] 的研究表明, 将 1/3 的氮肥在块茎膨大初期追施, 可显著提高氮肥利用率和块茎产量, 同时降低了单位块茎产量的氮素需求量。郑顺林等^[16] 认为, 马铃薯产量的近 60% 是在块茎膨大初期和膨大中期形成的, 因此, 通过氮素营养调控, 适当延长此时期的持续时间可有效增加块茎产量。

本试验在相同施氮量的条件下, 通过小区试验研究不同施氮时期对马铃薯各器官干物质积累转运的影响, 以确定有利于干物质在块茎中积累的最佳氮肥施用时期, 为提高马铃薯的产量和质量提供理论依据。

基金项目: 公益性行业科研专项 (201103003)、国家科技支撑项目 (2012BAD06B00) 和 973 前期课题项目 (2012CB126307) 资助。

* 通讯作者 (sunleilee@163.com)

作者简介: 谷浏涟 (1985—), 女, 黑龙江依安人, 硕士研究生, 主要从事马铃薯养分管理。E-mail: guliulian@163.com

Rosen CJ. Nitrogen management studies in Minnesota. Proceedings of Wisconsin Annual Potato Meeting. 1995: 15–23

1 材料与方 法

1.1 试验材料

试验地点 : 试验于 2010 年 5—9 月在东北农业大学香坊实验实习基地进行, 前茬作物玉米, 土壤类型为黑土, 土壤有机质 29.6 g/kg, 碱解氮 66.2 mg/kg, 速效磷 85 mg/kg, 速效钾 200 mg/kg, pH 7.23。

供试品种 : 中晚熟品种克新 13 脱毒原种(生育期为 95~100 天), 种薯由东北农业大学马铃薯研究所提供。

供试肥料 : 尿素(N 46%), 磷酸二铵(N 18%, P₂O₅ 46%), 硫酸钾(K₂O 50%)。

1.2 试验设计

试验设 4 个处理, 4 次重复, 拉丁方排列, 每小区 7 垄, 垄长 12 m, 垄宽 70 cm, 小区面积 58.8 m², 株距 30 cm, 种植密度 5.25×10⁴ 株/hm²。每小区中间 5 垄用于取样及测产。5 月 17 日播种, 6 月 4 日出苗, 9 月 16 日收获。磷钾肥以基肥方式一次施用, 肥料施用量及氮肥施用时间见表 1。

表 1 肥料施用量及氮肥施用时间
Table 1 Fertilizer rates and N fertilizer application time

处理	基肥施 N 量 (kg/hm ²)	追肥-1		追肥-2		总 N 量 (kg/hm ²)	总 P ₂ O ₅ 量 (kg/hm ²)	总 K ₂ O 量 (kg/hm ²)
		施 N 时间 (月/日)	施 N 量 (kg/hm ²)	施 N 时间 (月/日)	施 N 量 (kg/hm ²)			
T1	150	-	-	-	-	150	90	150
T2	100	06/23	50	-	-	150	90	150
T3	100	-	-	07/10	50	150	90	150
T4	0	06/08	100	07/10	50	150	90	150

1.3 样品的采集与测定

分别在出苗后 30 天(块茎形成初期)、42 天(块茎形成末期)、54 天(块茎膨大初期)、70 天(块茎膨大中期)、90 天(块茎膨大末期)和 101 天(收获期)取样。每个小区选取具有代表性的植株 6 株, 带回室内二次选取长势一致的植株 4 株, 把植株洗净擦干后, 将叶片、地上茎和块茎按器官分别称鲜重, 105℃ 杀青 30 min, 70℃ 烘干至恒重, 称重。

收获时每小区取 10 m² 测产, 统计商品薯(75 g)及非商品薯(直径 3 cm 且薯重 < 75 g)的总个数和总重量。排水法测定块茎比重, 根据块茎比重查淀粉含量换算表。

1.4 计算方法与数据处理

马铃薯膨大前及膨大期干物质积累转运以及收获指数的计算参照 Tadesse 等^[17]和 Dordas^[18]对源库间物质积累转运及收获指数的方法, 并作适当修改, 具体计算方法如下:

块茎膨大期植株干物质积累量(t/hm²)=
收获期植株干重-块茎膨大初期植株干重;

块茎膨大前干物质转运量(t/hm²)=
收获期块茎干重-块茎膨大期植株干物质积累量;

块茎膨大前干物质转运率(%)=
 $\frac{\text{块茎膨大前干物质转运量}}{\text{块茎膨大初期植株干重}} \times 100\%$;

块茎膨大期茎叶干物质转运量(t/hm²)=
块茎膨大初期茎叶干重-收获期茎叶干重;

块茎膨大期茎叶干物质转运率(%)=
 $\frac{\text{块茎膨大期茎叶干物质转运量}}{\text{块茎膨大初期茎叶干重}} \times 100\%$;

$$\text{收获指数} = \frac{\text{收获期块茎干重}}{\text{收获期全株干重}}$$

试验数据采用 Excel 2003 和 DPS v7.05 软件分析作图。

2 结果与分析

2.1 氮肥施用时期对马铃薯干物质积累的影响

由马铃薯全株的干物质积累曲线(图 1a)可知, 马铃薯全株干物质积累速率在整个生育期呈慢-快-慢的变化趋势, 其积累曲线呈“S”型变化。块茎形成初期以前, 全株干物质积累较慢; 块茎形成末期到块茎膨大后期, 全株干物质积累最快, 进入直线增长阶段; 进入块茎膨大后期, 全株干物质积累再次进入缓慢增长阶段。块茎形成初期, 各处理全株干物质积累量差异不明显, 块茎膨大期以后 T3 处理的全株干物质积累量迅速增加, 高于其他处理, 但差异不显著。由马铃薯茎叶的干物质积累曲线(图 1b)可知, 马铃薯茎叶干物质积累量在整个生育期呈单峰曲线变化, 峰值出现在块茎膨大初期, 块茎膨大中期以后随着茎叶的衰老脱落, 茎叶的干物质积累量开始逐渐下降。T1 处理的茎叶干物质积累量在整个生育期始终高于其他处理, T4 的茎叶干物质积累量在块茎膨大后期以前一直处于较低水平, 但从块茎膨大后期开始其茎叶衰老速度明显减缓, 收获时茎叶干物质积累量高于其他处理, 与 T2 和 T3 处理差异达到 P < 0.05 显著水平。由马铃薯块茎的干物质积累曲线(图 1c)可知, 马铃薯块茎干物质积累量在块茎形成期呈缓慢增长, 进入块茎膨大期以后呈直线增长趋势, 并且 T3

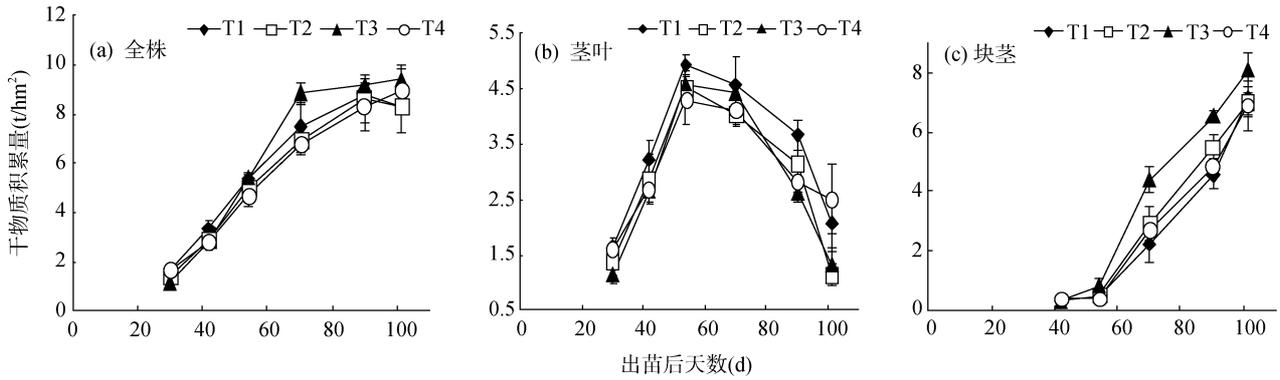


图 1 氮肥施用时期对马铃薯各器官干物质积累的影响
Fig. 1 Effects of N application time on dry matter accumulation in different organs of potato

处理的块茎干物质积累量始终高于其他处理,收获时 T3 处理的块茎干物质积累量为 8.1 t/hm^2 , 显著高于其他处理($P < 0.05$)。

2.2 氮肥施用时期对马铃薯干物质转运分配的影响

2.2.1 氮肥施用时期对马铃薯干物质转运的影响

马铃薯块茎中的干物质主要来自于块茎形成前茎叶积累的干物质向块茎的转运以及块茎形成后植株继续合成的干物质向块茎的分配。

由表 2 可见,在块茎膨大初期各处理茎叶干物质积累量差异不大,但随着块茎的快速生长,块茎膨大前茎叶积累的干物质以及块茎膨大期茎叶合成的干物质均开始向块茎转运,且不同处理表现出不

同的转运效率。块茎膨大初期, T1 处理的茎叶干物质积累量虽然处于最高水平,但向块茎转运的干物质质量及干物质转运率均低于 T3 处理。在块茎膨大期, T1 处理茎叶合成的干物质向块茎的转运量和转运比例均显著低于 T3 处理($P < 0.05$),结果导致在收获时 T1 处理茎叶中仍储存大量干物质没有转运到块茎,收获时茎叶干重显著高于 T3 处理($P < 0.05$)。T4 处理由于前期氮肥过低,后期氮肥施用量增加,导致在各时期干物质转运量和转运率均显著低于其他处理($P < 0.05$),收获时, T4 处理茎叶干重为 T2 处理的 227%,这是造成 T4 处理产量最低的重要原因之一。

表 2 氮肥施用时期对马铃薯干物质转运的影响
Table 2 Effects of N application time on dry matter translocation of potato

处理	膨大前干物质 转运量 (t/hm^2)	膨大前干物质 转运率 (%)	膨大初期 茎叶干重 (t/hm^2)	膨大期茎叶 干物质转运量 (t/hm^2)	膨大期茎叶 干物质转运率 (%)	收获期 茎叶干重 (t/hm^2)
T1	$3.9 \pm 0.65 \text{ ab}$	$72.2 \pm 4.28 \text{ a}$	$4.93 \pm 0.10 \text{ a}$	$2.9 \pm 0.06 \text{ bc}$	$58.9 \pm 3.32 \text{ c}$	$2.1 \pm 0.17 \text{ a}$
T2	$3.9 \pm 0.44 \text{ ab}$	$78.0 \pm 1.98 \text{ a}$	$4.52 \pm 0.19 \text{ a}$	$3.0 \pm 0.32 \text{ b}$	$70.1 \pm 3.61 \text{ b}$	$1.1 \pm 0.04 \text{ b}$
T3	$4.5 \pm 0.46 \text{ a}$	$83.3 \pm 3.08 \text{ a}$	$4.59 \pm 0.15 \text{ a}$	$3.7 \pm 0.18 \text{ a}$	$78.1 \pm 2.77 \text{ a}$	$1.3 \pm 0.10 \text{ b}$
T4	$2.2 \pm 0.43 \text{ b}$	$46.8 \pm 8.46 \text{ b}$	$4.3 \pm 0.36 \text{ a}$	$2.3 \pm 0.46 \text{ c}$	$51.2 \pm 9.67 \text{ c}$	$2.5 \pm 0.15 \text{ a}$

2.2.2 氮肥施用时期对马铃薯干物质分配的影响

由图 2 可见,在马铃薯生育期间,干物质在叶片中的分配随生育期的推移呈逐渐下降趋势,各处理叶片中的干物质分配比例由苗期的 55% 左右下降到收获时 2% ~ 5%;干物质在地上茎中的分配,随生长发育进程的延续呈单峰曲线变化,分配比例最高值出现在块茎膨大初期,分配比例为 62% 左右,收获时各处理地上茎中的干物质分配比例为 10% ~ 20%;干物质在块茎中的分配在块茎形成期变化不大,从块茎膨大期开始迅速增加,收获时块茎中干物质分配比例达到最大值,各处理块茎中的干物质分配比例约为 75% ~ 85%。

由此可见,马铃薯干物质在各器官的分配,随生长中心的转移而变化。块茎形成期以前,干物质主要分配在茎叶,虽然各处理间茎叶的干物质积累量有所差异,但差异未达到显著水平($P > 0.05$)。随着块茎的形成,生长中心由茎叶向块茎转移,块茎逐渐成为干物质的主要储存器官。各处理氮肥施用量虽然相同,但不同的施氮时期显著影响了植株干物质的积累量及其在各器官的分配比例,其中 T3 处理块茎的干物质积累量及其占全株干物质的分配比例始终高于其他处理,且在收获期与 T1 和 T4 处理差异达到显著水平($P < 0.05$)。

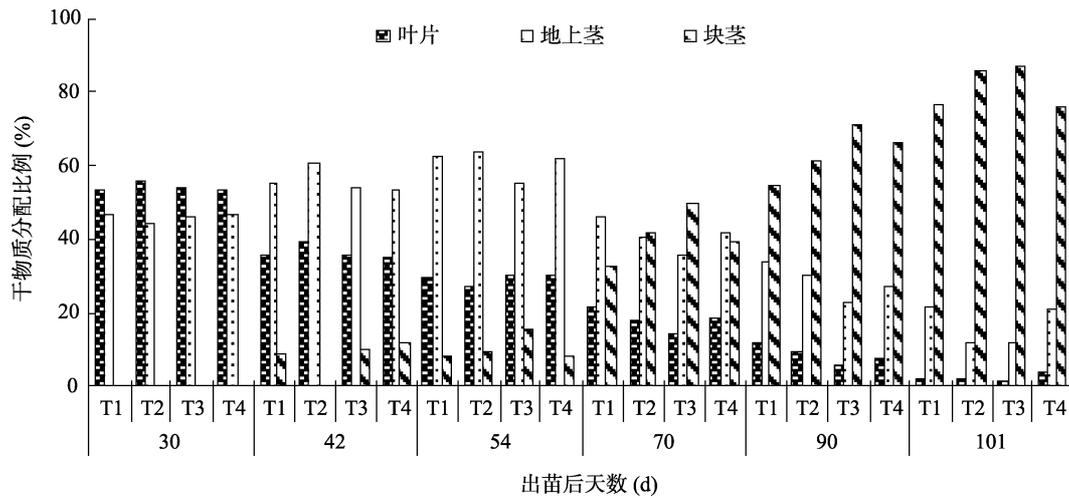


图 2 氮肥施用时期对马铃薯各器官干物质分配比例的影响

Fig. 2 Effects of N application time on dry matter distribution ratio in different organs of potato

2.3 氮肥施用时期对马铃薯产量及质量的影响

由表 3 可见,与 T1 处理相比, T3 处理块茎产量虽有增加,但二者差异未达到显著水平,但 T3 处理较高的商品薯数和平均薯块重提高了商品薯率,使 T3 处理的商品薯产量显著高于其他处理。与 T1 处理相比, T3 处理的商品薯数提高了 5.3%,商品薯平均薯块重提高了 10.7%($P < 0.05$),商品薯率提高了 9.0%($P < 0.05$),商品薯产量提高了 19.3%($P < 0.05$)。结合表 2 和表 3 可见, T3 处理通过有效促进茎叶干物质向块茎的转运,提高了光合

产物在块茎中的分配,因此显著提高了收获指数($P < 0.05$)。

比重是评价马铃薯质量的重要指标,它与淀粉含量之间存在密切的相关性。由表 4 可见,虽然各处理间的块茎比重、淀粉含量和干物质含量差异不显著,但与全部氮肥一次施用相比,追施氮肥的处理使块茎比重、淀粉含量和干物质含量都有一致的增加趋势,说明在氮肥用量相同的条件下,将部分氮肥在苗期至块茎形成末期进行追施并不会降低块茎比重及块茎中的淀粉含量和干物质含量。

表 3 氮肥施用时期对马铃薯产量的影响
Table 3 Effects of N application time on tuber yield

处理	块茎产量 (t/hm ²)	商品薯率 (%)	商品薯产量 (t/hm ²)	平均商品薯薯块重 (g/个)	商品薯数 ($\times 10^5$ 个/hm ²)	收获指数
T1	34.8 \pm 3.16 a	66.9 \pm 4.12 c	23.3 \pm 2.62 b	124.6 \pm 6.22 b	1.9 \pm 0.2 a	0.76 \pm 0.06 ab
T2	32.2 \pm 2.63 a	67.1 \pm 4.53 bc	21.4 \pm 1.61 b	122.7 \pm 4.51 b	1.8 \pm 0.2 a	0.86 \pm 0.03 a
T3	38.1 \pm 1.75 a	72.9 \pm 2.88 a	27.8 \pm 1.94 a	137.9 \pm 4.20 a	2.0 \pm 0.1 a	0.86 \pm 0.03 a
T4	32.1 \pm 1.67 a	68.5 \pm 3.29 ab	22.0 \pm 1.57 b	127.8 \pm 4.46 b	1.7 \pm 0.1 a	0.73 \pm 0.05 b

表 4 氮肥施用时期对马铃薯质量的影响
Table 4 Effects of N application time on potato quality

处理	比重 (g/cm ³)	淀粉含量 (g/kg)	块茎干物质含量 (g/kg)
T1	1.087 \pm 0.005 a	155 \pm 11.4 a	200 \pm 1.3 b
T2	1.091 \pm 0.003 a	162 \pm 6.2 a	211 \pm 4.4 a
T3	1.093 \pm 0.002 a	167 \pm 3.5 a	212 \pm 2.9 a
T4	1.092 \pm 0.001 a	164 \pm 1.2 a	211 \pm 4.1 a

3 讨论

马铃薯干物质积累是产量形成的基础,干物质在各器官的合理分配是产量形成的关键。块茎干物质主要在块茎膨大期形成^[19],因此在满足前期茎叶生长需氮量的基础上,保证块茎形成期间氮素供应既有利

于总干物质的积累,又能协调干物质在不同器官的合理分配^[20]。李国培^[21]研究结果表明,块茎形成期块茎干物质的分配比例随施氮水平及氮肥追施比例的提高而降低;同一氮肥水平下,块茎膨大期块茎干物质的分配比例则随追肥比例提高而提高。本试验结果表明,将全部氮肥作为基肥施入(T1 处理),导致块茎形成前期茎叶生长过于旺盛,消耗并占据大量养分和光合产物,虽然形成了较多的块茎,但生长中心由茎叶向块茎转移时期延迟,干物质向块茎转运和分配比例较低,导致收获时仍有大量小块茎存在,显著降低了商品薯率。T3 处理将 2/3 氮肥用作基肥施入,满足了前期营养器官形态建成对氮素的需求,随着块茎的形成,生长中心及时由茎叶向块茎转移,促进块茎的

形成,使植株顺利进入茎叶生长与块茎生长并进的时期,块茎形成末期追施的氮肥及时满足了此时期全株快速生长对氮的需求,解决了茎叶生长与块茎生长对氮素竞争的矛盾。快速增长的块茎对光合产物的迫切需求,既有利于光合产物向块茎中的分配,也促进了茎叶光合功能的发挥,源与库的协调及养分的适时供应不但使块茎膨大期间 T3 处理全株干物质积累量迅速增加,而且促进了光合产物由茎叶向块茎转运,提高了干物质在块茎中的分配比例。因此在收获时,干物质在块茎中的积累量和分配比例 T3 处理均显著高于其他处理。T2 处理虽然也将 2/3 氮肥用作基肥,使前期营养生长得到控制,但由于氮肥追施时期过早,尚未到达马铃薯对氮素需求高峰期,使追施的氮肥没有充分发挥作用。虽然收获指数较高,但是块茎的产量和商品薯率均处于较低的水平。T4 处理将全部氮肥分别在苗期和块茎形成末期施入,导致植株前期氮饥饿,追施的氮肥激发了氮饥饿植株对氮素的奢侈吸收,大量的氮刺激了茎叶的旺盛生长,因而抑制了光合产物在块茎中的积累和分配,导致植株贪青,收获时,T4 处理的收获指数显著低于其他追肥处理。

Lia 等^[22]通过模拟试验证明,氮的供应是影响马铃薯产量的关键因素,在施足基肥的基础上,氮肥分期施用可显著提高商品薯率,但若施用时期不合理,则导致马铃薯产量降低。这与本试验结果是一致的。夏锦慧^[20]的研究表明,施足基肥利于保证出苗,苗齐后早施追肥可促进根系生长和冠层的发育;在块茎形成期前进行第二次追肥,可满足植株和块茎迅速生长对养分的需求,有利于协调源库的生长,实现高产。Wilson 等^[23]的试验表明,施用缓释尿素和分期施用速效氮肥,都可以获得较高的块茎总产量和商品薯率。Rosen 也认为,适量减少基肥投入,根据植株氮素状况,适当推迟苗后的追肥时间可提高马铃薯的产量。本试验中,T3 处理减少基肥氮的投入,在块茎形成末期追施氮肥,不但没有影响前期全株干物质的积累量,还提高了干物质的转运率,增加了大薯块的数量和比例,有效提高了商品薯产量。T1 处理虽然在块茎形成期形成了较多的块茎,但由于前期茎叶生长过旺,虽然形成了较多的块茎,但由于块茎膨大期植株得不到充足的氮素供应,因而使后期光合产物的合成及其向块茎的转运受到抑制,导致商品薯率和收获指数都低于 T3 处理。

氮肥施用时期对马铃薯淀粉含量有一定的影响。孔令郁等^[24]、董茜等^[25]的研究认为,增加施氮量和追肥比例,淀粉含量呈下降趋势。吕慧峰等^[26]对比

了 1:4 和 3:2 的基追比处理,前者降低马铃薯淀粉含量,这可能是由于追肥比例过高或时期不适宜,导致向块茎中分配的光合产物减少,淀粉不能充分地在块茎中合成和积累。马铃薯生产特别是种薯生产上通常避免块茎形成后追施氮肥,认为这样会降低块茎干物质含量。但本试验结果显示,苗期至块茎膨大初期追施氮肥并不会减少块茎中淀粉含量和干物质含量,虽然各处理间差异不显著,但追施氮肥的处理具有一致的提高块茎中淀粉和干物质含量的趋势。这主要是由于追施的氮肥有利于延长茎叶功能期,使植株合成更多的光合产物,因此可在一定程度上提高块茎中淀粉和干物质的含量。

4 结论

氮是影响马铃薯产量和品质的重要养分,适量减少前期氮素供应,可有效控制块茎形成前茎叶的过度生长,有利于块茎的形成,在块茎形成末期追施适量氮肥,可满足块茎膨大期植株对养分的大量需求,有利于延长茎叶功能期,促进光合产物的合成与转运,有利于提高块茎产量和干物质含量。生育期追施氮肥有利于提高马铃薯块茎的产量和品质,但追肥时间不宜过早。基肥氮与追肥氮对于提高马铃薯产量和品质是同等重要的,过量的基肥和过量的追肥都可能造成植株茎叶生长过旺或贪青晚熟,不利于块茎产量的提高。研究表明在苗期至块茎膨大初期追施适量氮肥不会降低块茎的比重和干物质含量。

参考文献:

- [1] Food and Agriculture Organization of the United Nations [DB/OL]. <http://faostat.fao.org/>
- [2] 高聚林,刘克礼,张宝林,任有志. 马铃薯干物质积累与分配规律的研究[J]. 中国马铃薯, 2003, 17(4): 209-212
- [3] 张延春,陈治锋,龙怀玉,罗春燕. 不同氮素形态及比例对烤烟长势、产量及部分品质因素的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(6): 787-792
- [4] 史春余,张晓冬,张超,陈晓光. 甘薯对不同形态氮素的吸收与利用[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(2): 389-394
- [5] 郑顺林,袁继超,马均,杨重云,王小琴,邓明富. 春、秋马铃薯氮肥运筹的对比研究[J]. 西南农业学报, 2009, 22(3): 702-706
- [6] 穆俊祥,曹兴明,弓建国,梁建功,郭美兰,李惠君. 有机肥和氮磷钾肥配施对马铃薯产量和品质的影响[J]. 石河子大学学报: 自然科学版, 2009, 27(4): 428-432
- [7] 修凤英,朱丽丽,李井会. 不同施氮量对马铃薯氮素利用特性的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2009(3): 36-38

- [8] 周娜娜, 张学军, 秦亚兵, 许强. 不同滴灌量和施氮量对马铃薯产量和品质的影响[J]. 土壤肥料, 2004(6): 11-12, 16
- [9] 田国政, 艾训儒, 易永梅, 王柏泉, 刘洋. 不同施肥水平对马铃薯品质的影响[J]. 湖北农业科学, 2009, 48(7): 1 599-1 601
- [10] 门福义, 刘梦芸. 马铃薯栽培生理[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995
- [11] 孙磊, 谷浏涟, 刘向梅, 罗盛国, 刘元英. 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
- [12] Zebarth B J, Rosen CJ. Research perspective on nitrogen BMP development for potato[J]. American Journal of Potato Research, 2007, 84: 3-18
- [13] Rosen CJ, Bierman PM. Potato yield and tuber set as affected by phosphorus fertilization[J]. American Journal of Potato Research, 2008, 85: 110-120
- [14] Zelalem A, Tekalign T, Nigussie D. Response of potato (*Solanum tuberosum* L.) to different rates of nitrogen and phosphorus fertilization on vertisols at Debre Berhan, in the central highlands of Ethiopia[J]. African Journal of Plant Science, 2009, 3(2): 16-24
- [15] Joern BC, Vitosh ML. Influence of applied nitrogen on potato. Part II: Recovery and partitioning of applied nitrogen[J]. America Potato Journal, 1995, 72: 73-84
- [16] 郑顺林, 王西瑶, 马均, 袁继超, 李首成. 营养水平对马铃薯块茎发育中激素、产量和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(3): 515-519
- [17] Tadesse M, Lommen WJM, Struik PC. Effects of nitrogen pre-treatment of transplants from in vitro produced potato plantlets on transplant growth and yield in the field[J]. Netherlands Journal of Agricultural Science, 2001, 49: 67-79
- [18] Dordas C. Dry matter, nitrogen and phosphorus accumulation, partitioning and remobilization as affected by N and P fertilization and source-sink relations[J]. European Journal of Agronomy, 2009, 30: 129-139
- [19] 郑顺林, 李国培, 杨世民, 袁继超, 郝克伟. 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
- [20] 夏锦慧. 马铃薯干物质积累及氮、磷、钾营养特征研究[J]. 长江蔬菜, 2008(20): 34-37
- [21] 李国培. 施氮量和追肥比例对马铃薯营养特性及产量、品质的影响(硕士学位论文)[D]. 雅安: 四川农业大学, 2009
- [22] Lia H, Parente LE, Karamc A. Simulation modeling of soil and plant nitrogen use in a potato cropping system in the humid and cool environment[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2006, 115(1/4): 248-260
- [23] Wilson ML, Rosen CJ, Moncrief JF. Potato response to apolymer-coated urea on an irrigated, coarse-textured soil[J]. Agronomy Journal, 2009, 101: 897-905
- [24] 孔令郁, 彭启双, 熊艳, 周福才. 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
- [25] 董茜, 郑顺林, 李国培, 袁继超. 施氮量及追肥比例对冬马铃薯块茎品质形成的影响[J]. 西南农业学报, 2010, 23(5): 1 571-1 574
- [26] 吕慧峰, 王小晶, 陈怡, 卢祥言, 毛国庆, 沈云树, 朱斌, 许良兵, 王正银. 氮磷钾分期施用对马铃薯产量和品质的影响[J]. 中国农学通报, 2010, 26(24): 197-200

Effects of Nitrogen Application Time on Dry Matter Accumulation and Translocation and Tuber Yield of Potato

GU Liu-lian¹, SUN Lei^{1*}, SHI Ying², LIU Xiang-mei¹, LIU Yuan-ying¹

(1 College of Resources and Environmental Sciences, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China;
2 College of Agricultural Sciences, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: A plot experiment was carried out to study the effects of nitrogen (N) application time on dry matter accumulation and translocation in potato plant as well as on tuber yield. Cultivar KX 13 was grown at one N application level (150 kg/hm²) and four application patterns. Compared with applying all N at planting, applying 2/3 of all N at planting while 1/3 at the end of tuber formation stage can boost the translocation of dry matter from vine to tuber and the tuber yield increased from 34.8 t/hm² to 38.1 t/hm², marketable tuber yield increased from 23.3 t/hm² to 27.8 t/hm² ($P < 0.05$), harvest index increased from 0.76 to 0.86 ($P < 0.05$). The treatment with the 2/3 of all N applied at planting while the other 1/3 applied at early tuber formation stage or all N applied at the seedling stage and the end of tuber formation stage depressed tubers yield though marketable tuber ratio increased slightly. The results also demonstrated that the dressing N in season could not decrease the starch content and dry matter content of tuber.

Key words: Potato, N application time, Dry matter, Accumulation and translocation, Yield