

中图分类号: S532 文献标识码: B 文章编号: 1672-3635(2015)02-0075-05

栽培生理

氮素水平对马铃薯干物质积累及库活性的影响

张婷婷¹, 蒙美莲^{1*}, 陈有君^{2*}, 包开花¹, 于小彬¹, 任少勇¹, 卢培娜¹

(1. 内蒙古农业大学农学院, 内蒙古 呼和浩特 010019; 2. 内蒙古农业大学生命科学学院, 内蒙古 呼和浩特 010019)

摘要: 为了探讨内蒙古阴山以北地区马铃薯生产中氮肥适宜施用量, 以克新1号品种为材料, 采用田间小区试验的方法, 研究了氮素水平对马铃薯干物质积累及库活性的影响。结果表明: 在当地土壤肥力条件下, 马铃薯干物质积累量与库活性均表现出随施氮量的增加呈先增加后降低的趋势。在360 kg/hm²施氮量下, 马铃薯公顷干物质积累量、单株叶片干物质积累量、单株块茎干物质积累量和库活性均最大, 分别为5 989.81 kg/hm²、20.03 g/株、84.32 g/株、0.072 g/g·d。因此, 360 kg/hm²的施氮量, 可以作为当地马铃薯生产中的最佳氮肥施用量。

关键词: 马铃薯; 氮素水平; 干物质; 库活性

Effects of Nitrogen Application Rate on Dry Matter Accumulation and Sink Activity of Potato

ZHANG Tingting¹, MENG Meilian^{1*}, CHEN Youjun^{2*}, BAO Kaihua¹, YU Xiaobin¹, REN Shaoyong¹, LU Peina¹(1. College of Agronomy, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019, China;
2. College of Life, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019, China)

Abstract: Field plot experiments were conducted to study the effects of nitrogen rate on dry matter accumulation and sink activity of potatoes using 'Kexin 1' as the material, aiming at finding the optimal nitrogen application rate in the potato production region north of the Yinshan Mountain. Under local soil fertility conditions, the dry matter accumulation and sink activity of potato all increased firstly, and then decreased with the increase of nitrogen application rate. The dry matter accumulation, leaf dry matter accumulation, tuber dry matter accumulation and sink activity of potatoes were maximal when nitrogen was applied at the rate of 360 kg/ha, being 5 989.81 kg/ha, 20.03 g/plant, 84.32 g/plant, and 0.072 g/g·d, respectively. Therefore, nitrogen 360 kg/ha would be regarded as the optimal nitrogen application rate for local potato production.

Key Words: potato; nitrogen level; dry matter; sink activity

马铃薯的生长和产量形成受品种遗传特性、环境条件和栽培措施等许多因素的共同影响, 氮素水平是其中重要的影响因子之一。作物干物质中90%~95%都是同化产物, 是作物产量形成的物质基础。黄振喜等^[1]研究表明, 在一定范围内, 干物质积累量与产量呈正相关关系, 黄智鸿等^[2]在研究超高产玉米品种干物质积累与分配特点的结果中指出, 高的生物量是高产的物质基础。氮素是影响干物质

积累分配、产量及品质的重要因素^[3]。因此, 研究施氮水平对马铃薯干物质积累及分配率的影响具有重要意义。Tekalign 和 Hammes^[4]认为, 低氮条件下, 萝卜干物质积累量少, 营养器官中分配比例下降, 从而缺乏产量形成的物质基础, 使产量降低; 高氮则由于促进地上部的徒长, 并使分配到经济产品器官中的干物质减少, 导致产量降低。马宗斌等^[5]对棉花的研究结果表明, 随着施氮量的

收稿日期: 2015-01-12

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项资金资助(CARS-10-P17)。

作者简介: 张婷婷(1989-), 女, 硕士研究生, 主要从事马铃薯栽培生理研究。

*通信作者(Corresponding author): 蒙美莲, 教授, 主要从事马铃薯栽培生理方向研究, E-mail: mmeilian@126.com; 陈有君, 教授, 主要从事植物生理研究, E-mail: cyoujun@sina.com。

提高, 棉花营养器官的干重和植株总干重均逐渐增加, 但是生殖器官干重在生育后期过量的施氮不利于其干物质积累。蔡瑞国等^[6]的研究表明适量施氮提高了小麦干物质积累量, 促进了叶片、茎和鞘的花前贮存干物质在花后向籽粒中的转移。作物库单位干物质单位时间内的增加量通常可以反映库活性的强弱^[7]。库的活性的强弱会显著影响作物的产量和品质。王雪等^[8]对萝卜的研究结果表明, 低氮与高氮处理下库活性均较低, 126 kg/hm²施氮量下库活性最高, 产量和干物质质量也最高。库活性同样受环境条件和栽培措施的影响^[9]。

目前, 关于施氮量对马铃薯干物质积累及库活性的研究还少见报道。试验在内蒙古阴山北麓气候和土壤条件下采用田间小区试验方法, 研究施氮水平对马铃薯干物质积累和库活性的影响, 旨在明确当地独特的气候和土壤条件下马铃薯的最佳氮肥管理技术, 为实现马铃薯的高产优质和高效生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试品种: ‘克新1号’脱毒原种。

供试肥料: 尿素(N 46.4%), 过磷酸钙(P₂O₅ 12%), 硫酸钾(K₂O 51%)。

1.2 试验地概况

试验于2014年5~9月在内蒙古自治区呼和浩特市武川县大豆铺村马铃薯研究基地进行。该地处于内蒙古中部阴山北麓, 属温带大陆性季风气候, 年日照时数2 959.5 h, 年均气温2.4℃, ≥10℃积温1 955.2℃, 年均降水量352.1 mm左右, 年蒸发量2 068.0 mm, 无霜期110 d左右。试验地土壤类型为栗钙土。供试土壤0~20 cm耕层有机质含量为16.27 g/kg, 碱解氮40.60 mg/kg, 有效磷10.88 mg/kg, 速效钾116.17 mg/kg, pH为8.27。

1.3 试验设计

试验设6个氮水平, 即纯氮量为0, 90, 180, 270, 360和450 kg/hm², 分别用N₀、N₁、N₂、N₃、N₄、N₅表示; 随机区组排列, 重复4次。小区面积为30 m², 行距60 cm, 株距31.3 cm, 种植密度52 500株/hm²。氮肥在播种时沟施2/3, 其余1/3在7月8日起垄时追施, 同时播种时每小区施用P₂O₅ 225 kg/hm²和K₂O 225 kg/hm²。2014年5月16

日播种, 9月17日收获测产, 采用滴灌方式进行灌溉, 其他管理同一般生产田。

1.4 取样时间与方法

分别在出苗后15, 30, 45, 60和75 d取样, 每次每小区取3株马铃薯样品, 分器官洗净后称重, 然后取100 g鲜样于105℃杀青0.5 h, 置75℃烘干至恒重, 记录干重, 依此折算干物质积累量。

库活性依据 Warrn-Wilson^[10]提出的公式计算, 即: 库活性(g/g·d)=(LnW₂-LnW₁)/T。其中W₁、W₂分别为库不同发育阶段始、末期的干物质质量(g), T为不同阶段所持续的天数(d)。

1.5 数据处理

数据采用 Excel 2003 和 SPSS 18.0 进行统计分析, 多重比较采用 Duncan's 新复极差法。

2 结果与分析

2.1 不同施氮水平对马铃薯公顷干物质积累量的影响

从图1可以看出, 随着生育的推进, 马铃薯公顷干物质积累量均呈“S”曲线变化, 不同施氮水平的马铃薯公顷干物质积累量逐渐增加。出苗后15~45 d增长较缓慢, 45 d之后快速增长直到97 d达到最大值。此时不同施氮水平的马铃薯公顷干物质积累量的大小表现为N₄>N₃>N₂>N₅>N₁>N₀。对整个生育期马铃薯公顷干物质积累量平均值进行方差分析, 结果表明, N₄处理公顷干物质积累量最大, 为5 989.81 kg/hm², 与N₀、N₁、N₅差异均达到显著水平, 与N₂和N₃差异不显著。

2.2 不同施氮水平对马铃薯各器官干物质积累量的影响

从表1可以看出, 随着生育期的推进, 不同施氮水平的马铃薯单株叶片干物质积累量逐渐增加。出苗到出苗后30 d增长较缓慢, 30~60 d快速增长, 75 d达到最大值。此时不同施氮水平的马铃薯单株叶片干物质积累量的大小表现为N₄>N₅>N₃>N₂>N₁>N₀。对整个生育期的单株叶片干物质积累量平均值进行方差分析, 结果表明, N₄处理的单株叶片干物质积累量最大, 为20.03 g/株, 与N₀、N₁、N₂差异均达到显著水平, 与N₃、N₅差异不显著。

随着生育期的推进, 不同施氮水平的马铃薯单株茎干物质积累量逐渐增加。除N₀和N₂外均在75 d达到最大值, 此时不同施氮水平的马铃薯单株

茎干物质积累量的大小表现为N5>N4>N3>N2>N1>N0。对整个生育期的单株茎干物质积累量平均值进行方差分析, 结果表明, N5处理的单株茎干物质积累量最大, 为9.90 g/株, 与N0、N1、N2、N3差异均达到显著水平, 与N4差异不显著。

随着生育期的推进, 不同施氮水平的马铃薯单株块茎干物质积累量逐渐增加。97 d达到最大值, 此时不同施氮水平的马铃薯单株块茎干物质积累量的大小表现为N4>N3>N2>N5>N1>N0。对整个生育期的单株块茎干物质积累量平均值进行方

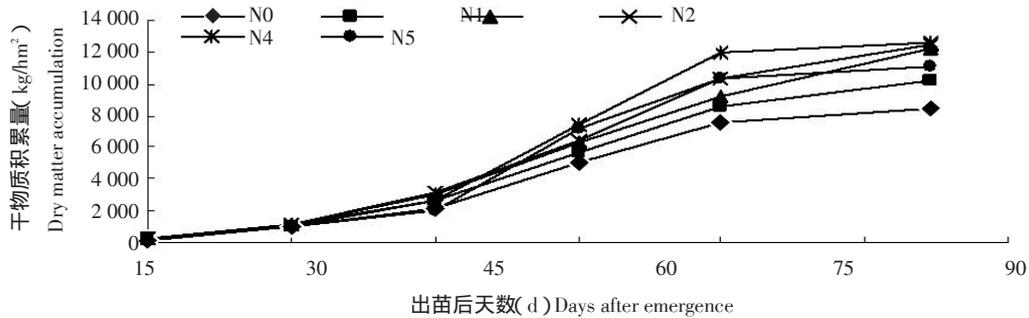


图1 不同施氮水平对马铃薯每公顷干物质积累量的影响

Figure 1 Effects of different nitrogen levels on dry matter accumulation per hectare of potato

表1 不同施氮水平对马铃薯各器官干物质积累量的影响(g/株)

Table 1 Effects of different nitrogen levels on accumulation of dry matter in various organs of potato

器官 Organ	处理 Treatment	出苗后天数(d) Days after emergence						平均值 Average
		15	30	45	60	75	97	
叶片 Leaf	N0	2.79	8.18	13.40	24.27	27.74	-	12.73 c
	N1	3.44	9.42	17.19	26.65	28.73	-	14.24 c
	N2	3.68	10.25	17.46	33.21	36.99	-	16.93 b
	N3	4.13	10.81	17.55	34.49	39.58	-	17.76 ab
	N4	3.27	11.76	18.08	42.54	44.52	-	20.03 a
	N5	3.05	11.26	16.86	42.04	44.42	-	19.60 a
茎 Stem	N0	0.77	4.02	5.96	9.22	9.05	-	4.84 d
	N1	1.02	4.83	7.38	12.56	14.17	-	6.66 c
	N2	1.11	4.97	7.80	17.62	16.26	-	7.96 b
	N3	1.16	5.03	8.27	17.56	19.35	-	8.56 b
	N4	0.97	5.46	9.09	20.84	22.12	-	9.75 a
	N5	0.93	5.36	7.84	22.32	22.93	-	9.90 a
块茎 Tuber	N0	0	7.66	21.38	61.82	107.00	160.05	59.65 e
	N1	0	5.64	26.30	69.00	120.12	195.20	69.38 d
	N2	0	6.26	32.73	70.32	122.38	232.67	77.39 bc
	N3	0	5.44	34.86	70.93	138.30	238.83	81.39 b
	N4	0	4.46	22.43	79.30	160.59	239.12	84.32 a
	N5	0	2.20	14.26	73.13	128.88	211.62	71.52 cd

差分析, 结果表明, N4处理的单株块茎干物质积累量最大, 为84.32 g/株, 与其他处理差异均显著。

2.3 不同施氮水平对马铃薯各器官干物质分配率的影响

从表2可以看出, 随着马铃薯生育期的推

进, 不同施氮水平的马铃薯叶片干物质分配率逐渐减少, 变化范围为78.37%~17.62%。除N0、N2处理外, 其他处理的茎干物质分配率呈现低-高-低的趋势, 各处理出苗后30 d分配率最高, 全生育期变化范围为6.29%~28.48%。整个生育期叶片

干物质分配率始终大于茎的干物质分配率。块茎干物质分配率呈现逐渐增加的趋势。对整个生育期叶片、茎和块茎干物质分配率平均值进行方差分析, 结果表明, 不同施氮水平的马铃薯叶片干

物质分配率以 N5 最大, 显著大于其他各处理。茎干物质分配率也以 N5 最大, 显著大于 N0、N1 处理。块茎干物质分配率以 N0 最大, 显著大于 N3、N4、N5 处理。

表2 不同施氮水平对马铃薯各器官干物质分配率的影响(%)

Table 2 Effects of different nitrogen levels on rate of dry matter distribution in various organs of potato

器官 Organ	处理 Treatment	出苗后天数(d) Days after emergence					平均值 Average
		15	30	45	60	75	
叶片 Leaf	N0	78.37	41.19	32.89	25.46	19.29	39.44 b
	N1	77.13	47.36	33.79	24.63	17.62	40.11 b
	N2	76.82	47.72	30.11	27.41	21.06	40.62 b
	N3	78.07	50.80	28.92	28.05	20.07	41.18 b
	N4	77.12	54.24	36.45	29.82	19.59	43.44 b
	N5	76.63	59.83	43.27	30.57	22.64	46.59 a
茎 Stem	N0	21.63	20.24	14.63	9.68	6.29	14.49 c
	N1	22.87	24.28	14.51	11.61	8.69	16.39 bc
	N2	23.17	23.14	13.45	14.54	9.26	16.71 abc
	N3	21.93	23.64	13.63	14.28	9.81	16.66 abc
	N4	22.88	25.18	18.33	14.60	9.73	18.14 ab
	N5	23.37	28.48	20.12	16.23	11.68	19.98 a
块茎 Tuber	N0	0	38.57	52.47	64.86	74.41	46.06 a
	N1	0	28.36	51.70	63.76	73.68	43.50 ab
	N2	0	29.14	56.44	58.05	69.68	42.66 abc
	N3	0	25.56	57.45	57.67	70.12	42.16 bc
	N4	0	20.57	45.22	55.58	70.67	38.41 c
	N5	0	11.69	36.60	53.19	65.68	33.43 d

2.4 不同施氮水平对马铃薯库活性的影响

从表3可以看出, 随着生育期的推进, N0、N1、N2处理马铃薯库活性呈现逐渐降低的趋势, N3、N4、N5处理库活性呈现先增加后降低的趋

势。对整个生育期的库活性平均值进行方差分析, 结果表明, 不同施氮水平的马铃薯库活性以 N4最大, 达到0.072 g/g·d, 与N0、N1、N5处理差异达到显著水平, 但与N2、N3处理差异不显著。

表3 不同施氮水平对马铃薯库活性的影响(g/g·d)

Table 3 Effects of different nitrogen levels on skin activity of potato

处理 Treatment	出苗后天数(d) Days after emergence					平均值 Average
	15~30	30~45	45~60	60~75	75~97	
N0	0.136	0.068	0.071	0.037	0.018	0.066 c
N1	0.115	0.103	0.064	0.037	0.022	0.068 b
N2	0.122	0.110	0.051	0.037	0.029	0.070 ab
N3	0.112	0.123	0.047	0.045	0.024	0.070 ab
N4	0.099	0.107	0.084	0.047	0.022	0.072 a
N5	0.053	0.125	0.109	0.038	0.022	0.069 b

3 讨 论

植物干物质积累是植物光合产物积累的结果, 其积累量的多少是衡量植株生长状况和各代谢强弱的重要指标, 也是马铃薯产量形成的物质基础。陈瑞英^[1]在沟灌条件下对马铃薯的研究表明, 马铃薯植株公顷干物质积累量随施氮量的增加而增大, 但生育后期, 高水分条件下施氮过量会降低干物质的积累。研究结果表明, 随着生育期的推进, 各处理马铃薯公顷干物质积累量均呈“S”曲线变化, 在0~360 kg/hm²施氮量下马铃薯公顷干物质积累量随施氮量的增加而增大, 但是施氮量高于360 kg/hm²时, 马铃薯公顷干物质积累量却降低。这与陈瑞英^[1]的研究结果一致, 说明适宜的施氮量可以提高马铃薯公顷干物质积累量。

马铃薯生育前期积累的干物质主要用于植株的建成, 为马铃薯生长提供强大的基础, 此时叶片是光合产物的主要分配器官, 也是植株的生长中心; 随着生育期的推进, 植株生长中心逐渐向块茎转移, 生育后期积累的干物质小部分用于维持营养体的生理功能外, 大部分转移到块茎, 形成产量。生育后期干物质积累越多, 一方面说明植株源的光合生产能力强, 另一方面说明库的需求量大, 碳水化合物的运输流畅通^[2]。郑顺林等^[3]在四川对冬马铃薯‘坝薯10号’的研究认为, 氮肥用量不但影响干物质的积累, 而且影响干物质的有效分配。块茎干物质的分配率在块茎形成期和成熟期随氮肥水平的提高而降低。本研究也得出类似的结果, 在0~360 kg/hm²施氮量下马铃薯叶片、茎、块茎的干物质积累量随着施氮量的增加呈增加的趋势, 但高于360 kg/hm²时, 马铃薯叶片、块茎的干物质积累量随着施氮量的增加呈下降的趋势, 说明适宜的施氮量有利于干物质在各器官的分配, 从而协调了马铃薯的源库关系。

库活性强代表块茎中各种代谢的强度高, 相对生长速率就高, 积累的干物质就高。王雪等^[8]对萝卜的研究结果表明, 适宜的施氮量可以提高萝卜库的活性, 本研究也得出类似的结果, 施氮量为360 kg/hm²时, 马铃薯库活性最高, 达到0.072 g/g·d。低于或高于360 kg/hm²的施氮量, 马铃薯库活性均降低。本研究结果还表明, 在0~180 kg/hm²施氮量范

围内, 马铃薯库活性呈现逐渐降低的趋势, 高于180 kg/hm²施氮量库活性呈现先增加后降低的趋势。这表明氮肥施用量超过一定范围延缓了马铃薯的生育进程。

综上所述, 在内蒙古阴山北麓气候和土壤条件下, 施氮量为360 kg/hm²时马铃薯公顷干物质积累量、单株叶片干物质积累量、单株块茎干物质积累量和库活性均最大, 可以作为当地马铃薯生产中的最佳氮肥施用量。

[参 考 文 献]

- [1] 黄振喜, 王永军, 王空军, 等. 产量 15000 kg/ha 以上夏玉米灌浆期间的的光合特性 [J]. 中国农业科学, 2007, 40(9): 1898-1906.
- [2] 黄智鸿, 王思远, 包岩, 等. 超高产玉米品种干物质积累与分配特点的研究 [J]. 玉米科学, 2007, 15(3): 95-98.
- [3] 门福义, 刘梦芸. 马铃薯栽培生理 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- [4] Tekalign T, Hammes P S. Growth and productivity of potato as influenced by cultivar and reproductive growth. I. Stomatal conductance, rate of transpiration, net photosynthesis, and dry matter production and allocation [J]. Scientia Horticulturae, 2005, 105(13): 13-27.
- [5] 马宗斌, 严根土, 刘桂珍, 等. 施氮量对黄河滩区棉花叶片生理特性、干物质积累及产量的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2013, 19(4): 849-857.
- [6] 蔡瑞国, 张迪, 张敏, 等. 雨养和灌溉条件下施氮量对小麦干物质积累和产量的影响 [J]. 麦类作物学报, 2014, 34(2): 194-202.
- [7] 王玮, 龚义勤, 柳李旺, 等. 萝卜肉质根膨大过程中糖含量及蔗糖代谢相关酶活性分析 [J]. 园艺学报, 2007, 34(5): 1313-1316.
- [8] 王雪, 张阔, 孙志梅, 等. 氮素水平对萝卜干物质累积特征及源库活性的影响 [J]. 中国农业科学, 2014, 47(21): 4300-4308.
- [9] Vetseh J A, Randall G W. Corn production as affected by nitrogen application timing and tillage [J]. Agronomy Journal, 2004, 96: 502-509.
- [10] Wilson J W. Ecological data on dry matter production by plants and plant communities. The collection and processing of field data [M]. Sydney: Interscience Publishers, 1967.
- [11] 陈瑞英. 水氮互作对马铃薯产量和氮素吸收利用特性的影响 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2011.
- [12] 戴明宏, 赵久然, 杨国航, 等. 不同生态区和不同品种玉米的源库关系及碳氮代谢 [J]. 中国农业科学, 2011, 44(8): 1585-1595.
- [13] 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.