

马铃薯氮素的吸收、积累和分配规律

张宝林¹, 高聚林², 刘克礼², 盛晋华²

(1. 内蒙古师范大学, 呼和浩特 010021; 2. 内蒙古农业大学, 呼和浩特 010018)

摘要: 植株体内氮素浓度的高低反映了其生长势的强弱, 马铃薯生育期间各器官氮素浓度的变化始终表现为叶片>地上茎>块茎, 叶片中的氮素浓度高低反映了叶片光合活性的大小。马铃薯对氮的吸收与营养生长和块茎的增长密切相关, 植株对氮的需求量受其生长状况所控制。而且, 氮在植物体内很容易流动, 块茎形成后, 大量的氮素转移到块茎中, 用于块茎的建成和营养贮存。马铃薯植株在淀粉积累开始后, 各器官中氮素加快了向块茎的转移, 使叶片和地上茎的衰老进一步加剧。因此, 在马铃薯高产栽培实践中, 须注重氮、磷、钾的适量与配合施用, 使之既能满足块茎的形成与生长的需要, 又可防止植株生长过旺或后期发生早衰。本试验表明, 在因素中量(适量)组合下, 每生产500 kg 块茎需要纯 N 2.65 kg。

关键词: 马铃薯; 氮; 吸收; 积累; 分配

中图分类号: S532

文献标识码: A

文章编号: 1672-3635 (2003) 04-193-06

1 前言

氮素是影响叶片生长发育的重要因素。马铃薯的叶片数、叶片的大小以及叶片中的叶绿素含量, 均随施氮量的增加而增加, 单位叶面积的含氮量与叶片的光合功能呈线性关系^[1,2]; 在生育后期, 马铃薯块茎对氮的需求与叶片的衰老速率密切相关, 良好的氮素供应可延缓叶片的衰老。除此而外, 随着产量水平的提高, 作物对氮素的吸收量增加^[3,4]。因此, 适量地供应氮素对于地上部的生长和获得块茎的高产是必须的。本文系统地研究了马铃薯在整个生育期间, 氮素的吸收、积累、分配和转移情况, 为马铃薯的高产优化氮素的科学施用提供了理论上的参考。

2 材料与方法

2.1 供试品种

本试验以脱毒薯底西芮(Desiree)为试验材料。

2.2 试验地点

本试验于1996~1997年在内蒙古农业大学教学农场进行, 土壤为壤土, 耕作层0~20 cm, 土壤有机质含量为2.38%, 全氮量为0.132%, 碱解氮为104 mg/kg, 速效磷为42 mg/kg, 速效钾为151 mg/kg, pH为7.7。

2.3 试验设计

试验分别选取密度、施磷量、施钾量、种氮肥量及追氮量五项农艺措施作五因素三水平处理, 以未施肥区为对照, 共12个处理, 随机排列, 重复两次。试验处理及水平见表1。每小区15行, 行距50 cm, 小区面积37.5 m², 每小区除去各二个边行外, 5行留作测产, 6行作为取样区, 磷、钾及种氮肥在播种时一次性侧深施, 追肥于6月24日进行, 其它管理与大田相同。

2.3 取样及测定方法

在苗期、块茎形成期、块茎增长初期、块茎增长后期、淀粉积累期和成熟收获期分别取样, 带回室内洗净凉干, 分器官称取鲜重, 再取小样于80℃下烘至恒重后称取干重, 分别计算全株干重、各器官干重。

采用奈氏比色法测定全氮^[5]

收稿日期: 2003-05-20

作者简介: 张宝林(1972-), 男, 内蒙古师范大学讲师, 主要从事植物生理生态研究

表 1 五因素试验处理及水平

处 理	密度 (株/667 m ²)	施磷量 (P ₂ O ₅ kg/667m ²)	施钾量 (K ₂ O kg/667m ²)	种氮肥量 (纯 N kg/667m ²)	追氮肥量 (纯 N kg/667m ²)
高密度	6500	10	8	4	2
低密度	2500	10	8	4	2
高施磷	4500	20	8	4	2
未施磷	4500	0	8	4	2
高施钾	4500	10	16	4	2
未施钾	4500	10	0	4	2
高施种氮	4500	10	8	8	2
未施种氮	4500	10	8	0	2
高追氮	4500	10	8	4	4
未追氮	4500	10	8	4	0
因素中量 (适量) 组合*	4500	10	8	4	2
未施肥 (CK)	4500	0	0	0	0

* 根据前人和作者研究及高产栽培实践确定的适宜用量做为中量处理。

3 结果与分析

3.1 不同施肥与密度处理下马铃薯各器官氮素浓度的变化

在整个生育期内, 马铃薯各器官氮素含量始终表现为叶片>地上茎>块茎 (表 2、图 1)。叶片中的氮素浓度的变化幅度在 2%~5% 之间, 在全生育期间其动态变化为: 块茎形成期达到最高峰, 然后逐渐降低, 到淀粉积累期又有所回升。地上茎中的氮素浓度在整个生育期的变化为: 在块茎开始增长初期有一小峰值外, 而后一直下降直至成熟收获。块茎中氮素浓度的变化趋势与前二者表现趋势相同: 块茎中的氮素浓度在块茎增长初期有一低峰, 而后一直下降直至收获。

由表 2 可见, 马铃薯生育初期由于地上部生长较慢, 对氮的吸收较少, 氮素浓度较低, 但块茎形成后, 由于地上、下部的旺盛生长需要有充足的养分供应, 生长势较强, 因此氮素吸收也较多, 但块茎停止生长后, 氮素浓度又下降, 故植株不同器官氮素浓度的高低反映了植株生长势的强弱。增施氮或磷钾肥, 可增加或促进马铃薯对氮的吸收量, 因而体内氮素浓度较高。本试验的因素中量 (适量) 处理, 在整个生育期内, 各器官氮素浓度的变化如图 1。由图 1 可见, 在全生育期内, 氮素浓度表现

为叶片>茎>块茎, 而且马铃薯生育前期地上部与地下块茎氮素浓度均较高。因此, 在马铃薯高产栽培施肥实践中, 必须注重氮、磷、钾的适量与配合, 使之既能满足块茎的形成与生长的需要, 又可防止植株生长过旺或生育后期发生早衰。如在块茎形成期, 使叶片具有 4.89% 左右的氮素浓度; 块茎增长初期, 使地上茎的氮素浓度达 3.9% 左右; 在淀粉积累期, 维持叶片 4.6% 左右的氮素浓度, 可获得较高的经济产量。

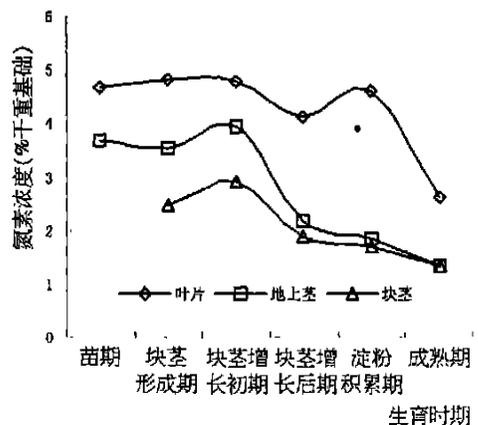


图 1 因素中量处理下马铃薯不同器官内氮素浓度的变化

表2 不同栽培措施下马铃薯各器官内氮的含量变化 (%干重基础)

器官	处 理	苗期 (10)	块茎形成期 (19)	块茎增长初期 (35)	块茎增长后期 (55)	淀粉积累期 (75)	成熟期 (103)
叶片	高密度	4.478	5.039	4.651	4.107	3.692	2.428
	低密度	4.451	4.742	4.381	4.551	4.328	2.704
	高施磷	4.473	4.892	4.814	4.378	4.425	2.505
	未施磷	4.452	4.783	4.454	3.939	4.385	2.499
	高施钾	4.690	4.884	4.836	4.241	4.612	2.785
	未施钾	4.517	4.738	4.452	3.820	4.107	2.542
	高施种氮	4.725	5.195	4.912	4.544	4.613	3.010
	未施种氮	4.472	4.787	4.425	3.890	3.720	2.452
	高追氮	4.700	4.825	4.723	4.220	4.706	2.752
	未追氮	4.681	4.800	4.515	3.653	4.240	2.399
	因素中量 (适量) 组合	4.692	4.827	4.769	4.117	4.585	2.597
	未施肥 (CK)	4.386	4.653	4.307	3.540	3.674	2.354
地上茎	高密度	3.743	3.596	3.892	1.842	1.644	1.208
	低密度	3.519	3.347	4.105	2.366	2.180	1.487
	高施磷	3.642	3.576	4.146	2.253	2.027	1.124
	未施磷	3.566	3.428	3.655	1.986	1.779	1.214
	高施钾	4.075	3.585	4.302	2.236	2.005	1.635
	未施钾	3.543	3.460	3.582	2.010	1.743	1.274
	高施种氮	3.820	3.559	4.647	2.397	2.389	1.522
	未施种氮	3.570	3.218	3.647	2.150	1.669	1.173
	高追氮	3.679	3.555	4.101	2.342	1.888	1.367
	未追氮	3.659	3.542	3.584	2.157	1.682	1.456
	因素中量 (适量) 组合	3.675	3.542	3.923	2.159	1.855	1.307
	未施肥 (CK)	3.566	2.832	3.574	2.105	1.644	1.117
块茎	高密度		2.012	2.725	1.660	1.385	1.181
	低密度		2.418	2.725	1.981	1.786	1.327
	高施磷		2.549	2.346	2.008	1.863	1.468
	未施磷		2.106	3.144	1.785	1.528	1.127
	高施钾		2.456	2.867	2.058	1.731	1.411
	未施钾		2.361	3.219	2.070	1.657	1.159
	高施种氮		2.359	2.144	2.796	1.357	1.433
	未施种氮		2.115	2.974	1.753	1.521	1.234
	高追氮		2.407	2.746	2.715	2.000	1.470
	未追氮		2.349	2.978	2.107	1.457	1.247
	因素中量 (适量) 组合		2.478	2.906	1.872	1.701	1.317
	未施肥 (CK)		2.004	2.618	1.620	1.382	1.166

注：表头中括弧内数字为出苗后天数。

3.2 不同密度与施肥处理下马铃薯氮素吸收速率的变化

马铃薯对氮的吸收速率在整个生育期间呈单峰曲线变化, 峰值出现在块茎增长期 (表 3、图 2)。

马铃薯出苗后, 由于各器官建成及生长发育对氮的需求量不断增加, 氮的吸收速率逐渐升高, 特别是块茎形成和块茎增长期, 由于旺盛的细胞分裂

和块茎的迅速建成, 氮的吸收速率增高, 并达到峰值, 而此后由于块茎增长趋慢, 转为淀粉积累, 对氮的需求量逐渐减少, 氮的吸收速率随之直线下降, 直到出苗后 90 d 左右基本停止吸收。由此可见, 马铃薯对氮的吸收与营养生长和块茎的增长密切相关, 而发生早衰的植株由于过早停止生长, 对氮的吸收也较早地停止。

低密群体, 由于个体拥有较大的营养面积和生存空间, 个体生长量较大, 生长势较强, 因此对氮的吸收速率远远高于高密群体。增施氮、磷、钾肥, 由于促进了植株的生长, 对氮的吸收速率也有所提高。

在因素中量组合栽培条件下, 马铃薯植株个体对氮素的吸收速率的变化符合二次曲线, 其方程见图 2。

马铃薯对氮素的最高吸收速率可达 80 mg/株·d 左右, 峰值出现在出苗后 45 d 左右。

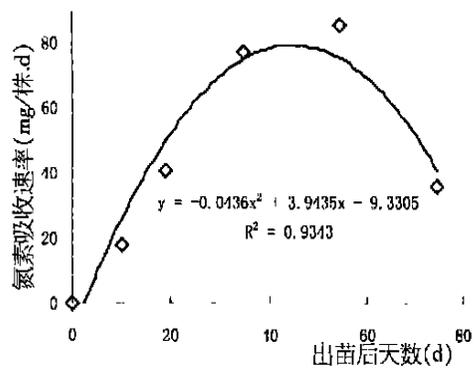


图 2 因素中量组合处理下马铃薯氮素吸收速率的变化

表 3 不同施肥与密度处理下马铃薯氮吸收速率的变化 (mg/株·d)

处 理	苗期 (0~10)	苗期~块茎形成期 (11~19)	块茎形成期~ 块茎增长初期 (20~35)	块茎增长初期~ 块茎增长后期 (36~55)	块茎增长后期~ 淀粉积累期 (56~75)
高密度	16.17	41.78	57.63	42.15	30.31
低密度	19.36	40.88	94.15	98.35	51.05
高施磷	19.83	40.75	77.96	96.49	41.97
未施磷	16.29	40.68	61.45	74.83	34.46
高施钾	19.18	43.16	77.31	85.05	57.16
未施钾	15.50	40.34	62.22	82.53	37.08
高施种氮	20.29	47.30	88.33	87.17	39.98
未施种氮	16.12	41.59	47.98	62.94	30.56
高追氮	17.98	41.01	78.51	95.80	36.83
未追氮	18.14	40.14	56.01	73.73	32.24
因素中量 (适量) 组合	18.20	40.78	77.59	85.90	35.79
未施肥 (CK)	15.20	39.41	46.32	41.32	26.44

注: 表头中括弧内数字为出苗后天数。

3.3 不同施肥与密度处理下马铃薯氮素积累量的动态变化

由表 4 及图 3 可见, 马铃薯植株体内氮素的积累量在苗期至块茎形成期处于缓慢增长期, 从块茎形成及块茎增长期间直线增长, 到淀粉积累期达到峰值, 此后随着叶片的衰老、脱落, 发生氮素的转移和损失, 使氮的积累量有所下降。

不同处理下, 随密度的增大, 氮素积累量呈递减趋势, 这是因为随密度的增大, 单株营养面积降低, 养分竞争加剧, 同时不良的通风透光条件影响了马铃薯的正常生长发育而使养分吸收量降低。增施氮、磷、钾肥, 马铃薯体内氮的积累量均有所增加。增施氮肥, 增加了植株对氮的吸收量, 根系吸收的氮素用于合成叶绿素或以游离氨基酸贮存起来, 从而提高了全株的氮素积累量。在因素中量组

合处理下, 马铃薯植株体内氮素的积累量 (Y) 随出苗后天数 (X) 的变化符合三次曲线 (见图 3)。

在因素中量组合处理下, 马铃薯单产最高为 3060 kg/667m², 因而每生产 500 kg 块茎需吸收氮素 2.65 kg。

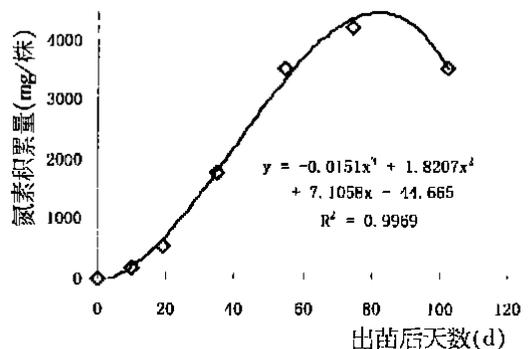


图 3 因素中量组合处理下马铃薯氮素积累量的变化

表4 不同施肥与密度处理下马铃薯氮素积累量的动态变化 (mg/株)

处 理	苗期 (10)	块茎形成期 (19)	块茎增长初期 (35)	块茎增长后期 (55)	淀粉积累期 (75)	成熟期 (103)
高密度	161	538	1460	2243	2849	2580
低密度	194	562	2068	4035	5056	3938
高施磷	198	565	1812	3742	4582	4036
未施磷	163	547	1370	3067	3870	3292
高施钾	192	580	1817	3518	4661	4010
未施钾	155	527	1523	3173	3915	3040
高施种氮	203	629	2042	3785	4585	3969
未施种氮	161	536	1303	2562	3688	2905
高追氮	180	549	1805	3721	4458	3689
未追氮	184	543	1439	2354	3398	3394
因素中量(适量)组合	182	549	1791	3509	4224	3535
未施肥(CK)	152	516	1257	2083	2612	2253

注: 表头中括弧内数字为出苗后天数。

3.4 因素中量(适量)组合处理下氮素在马铃薯各器官内的分配

随着生育进程的推移, 马铃薯吸收的氮素在各器官内的分配状况(表5、图4)。

氮素在叶片中的分配率以苗期为最高, 此时70%以上的氮分配到叶片, 用于光合系统的迅速建成; 此后随着生育进程的推移, 叶片中氮素的分配不断下降; 成熟期, 由于叶片的衰老和脱落, 只有10%左右的氮没有转移而滞留在叶片中。氮在茎中分配率整个生育期间则呈单峰曲线变化: 从苗期至块茎增长初期, 氮在茎中的分配率缓慢上升, 到块茎增长初期达到峰值, 此后又逐渐下降, 这说明块茎的增长初期, 也正值地上茎的旺盛生长、伸长期, 此时地上茎对氮有较大的需求量。块茎形成进入增长后期后, 氮素在块茎中的分配率一直呈上升趋势, 大量的氮素转移到块茎中, 用于块茎的建成和营养的贮存, 到成熟期, 大约有70%的氮素最终贮存在块茎中。

在淀粉积累期以前, 各器官中氮素的分配基本上表现为叶片>地上茎>块茎, 叶片中氮素的分配率高, 有利于维持其光合活性; 而淀粉积累期后, 则以块茎中的氮素分配率为最高, 表明马铃薯植株在淀粉积累开始后, 各器官中的氮素向块茎的转移加快, 使叶片和地上茎的衰老进一步加剧。

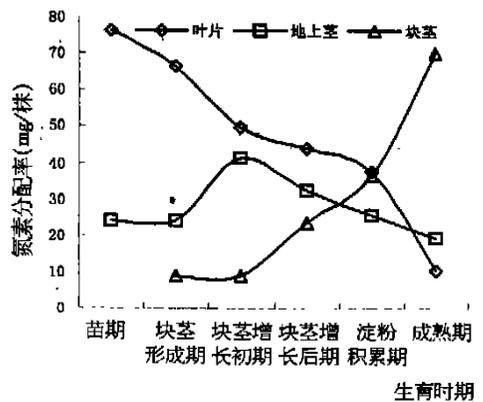


图4 因素重量组合处理下马铃薯氮素分配率的变化

表5 因素中量组合处理下氮素在马铃薯各器官的分配 (%)

器官	苗期 (10)	块茎形成期 (19)	块茎增长初期 (35)	块茎增长后期 (55)	淀粉积累期 (75)	成熟期 (103)
叶片	76.10	66.60	49.78	43.92	37.86	10.66
地上茎	23.91	24.31	41.33	32.57	25.50	19.34
块茎	9.09	8.89	23.50	36.63	70.00	-

注: 表头中括弧内数字为出苗后天数。

4 结论与讨论

a. 植株体内氮素浓度的高低反映了植株生长势的强弱。氮素浓度在马铃薯各器官中的变化趋势呈现由高到低的变化, 且始终表现为叶片 > 地上茎 > 块茎。在块茎增长初期, 地上茎和块茎中氮素浓度有一个低峰, 说明地上茎的伸长和块茎的增长均需大量的氮素。

b. 马铃薯对氮的吸收速率在整个生育期间呈单峰曲线变化, 峰值出现在块茎增长期。因此, 马铃薯对氮的吸收速率与营养器官和块茎的旺盛生长密切相关。

c. 马铃薯植株体内氮素的积累苗期缓慢, 块茎形成后直线增加, 到淀粉积累期达到峰值, 而后逐渐下降。

d. 氮素在叶片中的分配率以苗期为最高, 此后随着生育期的推移, 不断下降。茎中氮素的分配率在整个生育期间呈单峰曲线变化, 峰值出现在块茎增长初期。块茎形成后, 氮素在块茎的分配率一直呈上升趋势, 大量的氮素转移到块茎中, 用于块茎的建成和贮存。在淀粉积累期以前, 各器官中氮素的分配基本上表现为叶片 > 地上茎 > 块茎, 叶片中氮素的分配率高, 有利于维持其光合活性; 而

淀粉积累期后, 则以块茎中的氮素分配率为最高, 表明马铃薯植株在淀粉积累期, 各器官中氮素向块茎的转移加快。

e. 在马铃薯高产栽培施肥实践中, 必须注重氮、磷、钾的适量与配合施用, 使之既能满足块茎的形成与生长的需要, 又可防止植株生长过旺或发生早衰。如在块茎形成期, 使叶片具有 4.89% 左右的氮素浓度; 块茎增长初期, 使地上茎的氮素浓度达 3.9% 左右; 在淀粉积累期, 维持叶片 4.6% 左右的氮素浓度, 可获得较高的经济产量, 在本试验因素中量 (适量) 组合下, 每生产 500 kg 块茎需吸收氮素 2.65 kg。

参 考 文 献

[1] 郑丕尧. 作物生理学导论 [M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1992, 80-95.
 [2] [英] P. M. 哈里斯著, 蒋先明, 田玉丰, 赵越等译. 马铃薯改良的科学基础 [M]. 北京: 农业出版社, 1984, 150-175.
 [3] 汪定淮, 刘尚义. 作物养分平衡与高产栽培兼论作物栽培科学的现代化 [M]. 北京: 北京大学出版社, 1994, 75-80.
 [4] 严小龙, 张福锁著. 作物营养遗传学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1997, 315-325.
 [5] 张志良. 植物生理学实验指导 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1990, 31-33.

THE PATTERNS OF NITROGEN ABSORPTION, ACCUMULATION AND DISTRIBUTION IN POTATO

ZHANG Bao-lin¹, GAO Ju-lin², LIU Ke-li², SHENG Jin-hua²

(1. Inner Mongolia Normal University, Huhhot 010021, China;

2. Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010018, China)

ABSTRACT: During the growing season, the nitrogen level in different part of potato plant was as following: leaf > main stem > tuber. The absorption of nitrogen into potato plant was closely related to the vegetative growth and tuber bulking. Nitrogen was more mobile in potato plant. After tuber formation, large quantity of nitrogen was transferred into tuber for tuber bulking and nutrition storage. After starch accumulation, the nitrogen in potato plant was transferred into tuber more quickly, and this accordingly made leave and stems senescent. Therefore, in the practice for high yield, proper amount and combination of nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizers should be applied not only to meet the demand of tuber for growth, but also to protect plant from early senescence. The experiment showed that in optimum cultivation conditions, production of 500 kg tubers required 2.65 kg of pure nitrogen.

KEY WORDS: potato; nitrogen; assimilation; accumulation; distribution