

文章编号:1003-8701(2013)04-0038-04

不同氮肥水平对马铃薯蛋白质和淀粉合成的影响

焦峰¹, 彭东君², 翟瑞常^{1*}

(1. 黑龙江八一农垦大学, 黑龙江 大庆 163391; 2. 黑龙江省八五三农场, 黑龙江 双鸭山 155631)

摘要:采用田间试验的方法,探讨了不同氮水平影响下马铃薯块茎中蛋白质和淀粉含量的动态变化规律。试验结果表明:播种后63~91 d,不同处理的块茎粗蛋白质含量随施氮水平的增加而增加,之后施氮120 kg·hm⁻²处理下降较快,过量的氮肥不利于可溶性糖向淀粉的转化;马铃薯收获时,各处理马铃薯块茎总淀粉含量分别为61.92~66.91 g·100 g⁻¹·DW,过高的氮肥水平并不利于马铃薯生长后期块茎中淀粉的积累以及直链淀粉的相对含量的提高。

关键词:马铃薯;氮肥水平;蛋白质含量;淀粉含量

中图分类号:S532.062

文献标识码:A

Effects of Nitrogen Application Rates on Protein and Starch Synthesis of Potato

JIAO Feng¹, PENG Dong-jun², ZHAI Rui-chang^{1*}

(1. Heilongjiang Bayi Agricultural Reclaim University, Daqing 163391;

2. Heilongjiang 853 Farm, Shuangyashan 155631, China)

Abstract: The effect of nitrogen application rates on dynamic change law of tuber protein and starch synthesis of potato was studied in field experiments. The results showed that protein content of tuber also increased gradually from 63 to 91 days after sowing with the increase of nitrogen amount, but after that in 120 kg·hm⁻² nitrogen treatment it decreased rapidly. Excessive nitrogen fertilizer was not favor to the transformation of soluble sugar to starch. The starch content of potato tuber was 61.92~66.91 g·100 g⁻¹·DW at harvest. Excessive nitrogen fertilizer was not favor to the starch accumulation in tuber and the amylase relative content increase at later stage of potato growth.

Keywords: Potato; Nitrogen application rates; Protein content; Starch content

马铃薯块茎品质的高低是评价马铃薯生产效果的关键经济指标,蛋白质和淀粉含量在马铃薯块茎中的消长动态,在一定程度上也反映着马铃薯同化产物的运转能力以及块茎内部的生理生化过程。随着马铃薯生产和加工业的不断发展,马铃薯的品质状况越来越受到人们的重视,研究人员一直努力通过品种的改良来获取高产和优质兼得

的马铃薯品种^[1],以提高马铃薯的品质。

许多研究^[1-4]表明,营养水平也对马铃薯品质建成有重要影响。作为植物生长发育必需的营养元素,氮在马铃薯生长发育过程中的器官建成、物质代谢等方面发挥着重要作用,更在马铃薯块茎品质形成过程中成为关键因素。王彦平^[2]研究指出,施氮肥会降低马铃薯块茎淀粉的含量,而周娜娜^[3]的研究认为,施氮量与淀粉含量呈抛物线变化趋势,随着施氮量的增加,直连淀粉、支链淀粉和总淀粉含量总体上呈现先升高后降低的趋势,董茜^[4]则指出,适量施用氮肥可提高马铃薯块茎的淀粉含量,过量施氮则不利于马铃薯淀粉的积累;Hoff^[5]和 Muldes^[6]研究指出,当氮营养水平提高的时候,块茎粗蛋白质的含量也表现出增加的趋

收稿日期:2013-05-17

基金项目:黑龙江省科技厅重大项目(GA06C101);黑龙江省农垦总局重点项目(HNK11A-05-10)

作者简介:焦峰(1980-),男,博士,助理研究员,主要从事土壤肥力和作物营养生理研究。

通讯作者:翟瑞常,男,教授,博士研究生导师,

E-mail: zrc08@sina.com

势,但 Rexon^[7]的试验结果显示,马铃薯块茎中蛋白质的含量不会随着施氮水平的变化而改变,康玉林^[8]也认为即使是施氮水平很高的时候也是如此,可是也有品种表现出了不同的结果,即氮肥水平增大块茎蛋白质含量增加,同时,土壤中可供马铃薯吸收的氮素的多少,对高蛋白马铃薯品种的筛选没有明显的影响,可见,施氮会影响马铃薯包括淀粉积累等在内的各种营养评价指标的变化,但有关氮营养对马铃薯块茎品质效应研究的结果并不一致,特别是不同试验条件下反映出的氮肥施用量对马铃薯淀粉积累的影响尚有差异^[9]。本研究对马铃薯整个块茎发育期蛋白质和淀粉合成动态变化进行研究,旨在揭示不同氮水平下马铃薯块茎品质的动态变化规律,对通过营养条件实现对马铃薯品质的调控进行初步的理论探讨,为马铃薯氮肥科学高效合理施用提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验地点及供试土壤

试验地位于杜尔伯特蒙古族自治县农委科技园区内,属松辽盆地中央坳陷区北部、松嫩平原西部,中温带大陆性季风气候区。年平均降水量 427.5 mm,无霜期 143 d。土壤类型为石灰性黑钙土,试验前 0~20 cm 土壤常规性状的测定结果为:有机质 12.82 g·kg⁻¹、碱解氮 60.91 mg·kg⁻¹、有效磷 41.82 mg·kg⁻¹、速效钾 121.61 mg·kg⁻¹、pH 为 8.28、CEC 为 19.18 cmol(+)·kg⁻¹。

1.2 试验设计

试验采用随机区组设计,设氮肥(尿素)为 4 个肥力水平(N0、N1、N2、N3),分别为施用纯氮 0、60、90、120 kg·hm⁻²,其中 N2 为当地常规施用量,3 次重复;磷钾按照当地常规用量施用,分别为 P₂O₅(过磷酸钙,17%)90 kg·hm⁻²、K₂O(硫酸钾,60%)45 kg·hm⁻²,所有肥料做基肥 1 次施入。

供试马铃薯品种为克新 13,株型直立,株高 65~70 cm,中晚熟,属粮菜和淀粉加工兼用型品种。试验地 5 月 25 日播种,每小区 7 行、行长 15 m,株距 0.3 m、行距 0.66 m,小区面积 69.3 m²,每行 50 株、共计 350 株,田间管理同大田。

1.3 测定项目与方法

分别于马铃薯播种后 63、77、91、105、119 d,在每个小区取样 3 株块茎样品,用软毛刷在自来水中将块茎表面刷洗干净,并用无离子水冲洗 3 遍,于 105℃杀青 30 min 后,75℃烘干至恒重并称重。块茎粗蛋白质测定采用凯氏法^[10],淀粉含量

测定采用酸水解旋光法^[10],直链淀粉含量测定采用比色法^[10],支链淀粉含量采用差减法求得^[11]。

1.4 数据统计分析

数据采用 Excel 2003 和 SAS 9.2 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同氮水平对马铃薯块茎蛋白质含量的影响

不同氮水平对马铃薯块茎粗蛋白质含量的影响如图 1 所示。图 1 显示,整个块茎发育期马铃薯粗蛋白质含量变化范围在 6.34~11.91 g·100 g⁻¹·DW 之间,块茎发育前期持续下降,到播种后 105 d 降至最低点,之后块茎粗蛋白质含量又增加,总体表现为随着生育期的不断推进先下降再升高的变化趋势。从不同处理来看,氮肥施用水平对块茎蛋白质含量产生了较大的影响,播种后 63~91 d,不同处理的粗蛋白质含量为 N3>N2>N1>N0,表现为随施氮水平的增加而增加,之后 N3 处理下降较快,播种后 119 d 表现为 N2>N3>N0>N1。

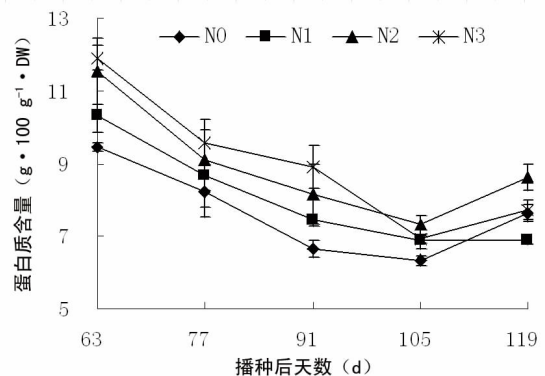


图 1 不同处理对马铃薯块茎蛋白质含量的影响

2.2 不同氮水平对块茎淀粉含量及其结构组成的影响

淀粉是马铃薯收获器官的重要贮藏物质,长期以来,马铃薯块茎中淀粉含量的高低一直作为马铃薯品质判断的重要指标。不同氮肥水平处理影响下的马铃薯块茎总淀粉含量动态变化趋势略有不同,总的来看 N0、N1、N2 处理同样表现出先增加后降低再增加再降低的“M”型增长曲线,N3 处理则表现为先增加后降低的单峰曲线(图 2)。播种后 63~91 d,N0、N1、N2 处理之间总淀粉含量差异不明显,且在播种后 77 d 分别比 N3 处理高出 16.19%、20.98%、20.55%;播种后 77~91 d,N0、N1、N2 处理块茎总淀粉含量表现为逐渐下降,而 N3 处理则表现为增加,至播种后 91 d,N0、N1、N2

处理块茎总淀粉含量分别比 N3 处理低 16.12%、10.62%、12.78% ;播种后 105 d ,各处理马铃薯块茎总淀粉积累量均达到峰值 ,表现为 $N_0 > N_2 > N_3 > N_1$, N_0 处理最高 ,达到 $78.10 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \cdot \text{DW}$, N_1 处理最低仅为 $68.35 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \cdot \text{DW}$,之后各处理总淀粉含量均下降 ,至播种后 119 d , N_0 、 N_1 、 N_2 、 N_3 处理马铃薯块茎总淀粉含量分别为 63.67、66.91、61.92、62.02 $\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \cdot \text{DW}$ 。本试验结果表明 ,过高的氮肥水平并不利于马铃薯生长后期块茎中淀粉的积累。

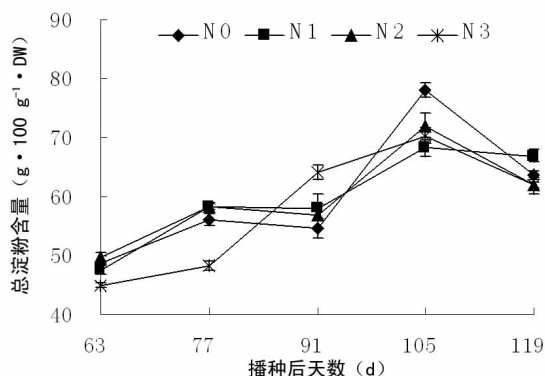
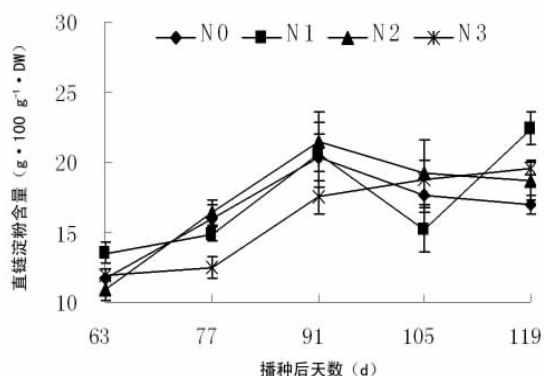


图2 不同处理对马铃薯块茎总淀粉含量的影响

淀粉是植物通过光合作用生产出的一种天然大分子物质 ,其结构十分稳定。按淀粉结构不同可分成直链淀粉和支链淀粉两种基本组成成分 ,而直链淀粉含量的高低决定着淀粉品质优劣 ,直链淀粉含量的高低变化 ,在一定程度上反映了跟淀粉合成代谢有关的植物生理生化过程的差异。



从图2中可以看出 ,马铃薯块茎中直链淀粉含量在不同处理的影响下产生了不同程度的变化 ,总体来看 ,过量的氮肥不利于块茎直链淀粉的积累 ,特别是块茎发育前期 ;播种后 91~119 d ,各处理块茎直链淀粉含量变化表现的比较复杂 , N_0 和 N_2 处理表现为持续下降 , N_1 处理表现为先下降后增加 , N_3 处理则持续增加。本研究显示 ,尽管过高的氮肥水平不利于马铃薯收获期的直链淀粉相对含量的提高 ,但 N_3 处理的马铃薯块茎直链淀粉含量却持续增加 ,而单位面积马铃薯直链淀粉的累计总量是在较高块茎产量的基础上提高的 ,因而结合产量数据综合分析 ,较高的氮肥水平尽管不利于马铃薯块茎直链淀粉的相对含量的提高 ,但却对单位面积的累积总量有积极作用。与播种后 105 d 的马铃薯块茎直链淀粉含量相比 ,在播种后 119 d , N_1 、 N_3 处理分别提高了 47.52%、4.11% ,而 N_0 、 N_2 处理则分别降低了 3.39%、3.13%。图3显示马铃薯块茎支链淀粉含量变化表现出了与总淀粉含量变化相同的趋势 , N_0 、 N_1 、 N_2 处理表现相同的变化规律 ,播种后 91 d , N_3 处理块茎支链淀粉含量明显高于其他处理 , N_0 、 N_1 、 N_2 分别比 N_3 低 26.53%、19.34%、24.45% ,播种后 105 d ,则 N_0 处理最高 , N_1 、 N_2 、 N_3 分别比 N_0 低 12.13%、12.95%、14.80% ,播种后 119 d ,各处理差异不明显。

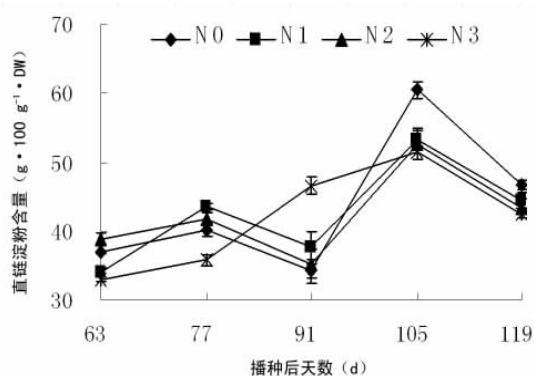


图3 不同处理对马铃薯块茎淀粉结构组成的影响

3 讨论

蛋白质作为块茎中非常重要的贮藏物质 ,含量高低会对马铃薯块茎的营养价值产生较大影响 ,同时也影响着马铃薯的品质的好坏以及加工工艺^[12]。尽管马铃薯块茎中蛋白质含量远远低于淀粉含量 ,但它具有高生物学价值 ,其生物值相当于大豆蛋白质。马铃薯块茎中的 N 包括非溶性

Pr-N、可溶性 Pr-N 和可溶性非 Pr-N。一般马铃薯粗蛋白质的含量是通过凯氏法测定的全氮数据乘以氮和蛋白质之间的折算系数而间接求得的^[12] ,因而 ,粗蛋白质的含量一般都表现为随着施氮水平的提高而增加^[5] , Millzrd^[13] 曾研究指出 ,随氮肥水平的提高 ,某些与块茎营养品质有关的氨基酸积累量也达到最高值 ,由于氮肥施用量增加时 ,马铃薯块茎中氨基酸的积累量随之增加 ,因而要获得

较高的块茎生物学产量,同时又要确保提高单位面积蛋白质的收获量,不影响营养品质的提高,更多的氮肥需要被施用。也有人认为马铃薯品种对氮素的容纳量受遗传基因的控制,氮肥的施入不会对马铃薯粗蛋白质的含量产生影响^[8]。本研究结果显示,氮肥水平对块茎形成前期的粗蛋白质积累影响较大,这与 Eppendofer 的研究结果^[14]相一致,同时本试验结果还表明,氮肥与马铃薯块茎蛋白质含量关系密切,较高的氮肥水平有利于粗蛋白质的积累,并为马铃薯成熟至收获期的粗蛋白质的维持和提高创造了较好的基础。

淀粉是马铃薯块茎品质的重要评判依据,马铃薯淀粉的重要工业用途以及其不可替代的自然属性,使其成为国内外淀粉深加工行业的首选产品,提高马铃薯淀粉含量成为提高马铃薯品质等级的重要途径。目前,有关施氮等对块茎淀粉含量的影响报道较多^[15-18],但淀粉包括直链淀粉和支链淀粉,目前研究较少的涉及到相关成分的相互关联和统一,对各种物质内部成分的协调及变化动态探讨较少。本研究结果显示,过高的氮肥水平对马铃薯生长后期块茎中淀粉的积累不利,这与周娜娜^[3]的研究结果相一致,这可能是因为从块茎形成到块茎膨大期需要消耗大量碳水化合物,此外,由于干物质的累积块茎迅速膨大对马铃薯块茎淀粉的相对含量起到了一定的稀释作用,根据本试验的马铃薯块茎的生物学产量计算,收获时(播种后 119d)N0、N1、N2、N3 处理的单位面积的总淀粉产量分别为 3018.7、4530.2、4686.3、5633.2 kg·hm⁻²,N3 处理分别比 N0、N1、N2 处理高出 46.41%、19.58%、16.81%,表现为随着施氮水平的提高马铃薯单位面积淀粉产量增加,显然,块茎干物质迅速积累而导致的稀释作用是导致马铃薯高氮肥水平下块茎淀粉相对含量降低的主要原因。

有研究指出,马铃薯直链淀粉和支链淀粉变化趋势一致,即直链淀粉和支链淀粉相互协调同步变化^[4],但本研究结果显示马铃薯块茎直链淀粉和支链淀粉含量大致互为消长,即直链淀粉含量增加的马铃薯生育时期,支链淀粉含量均表现为下降的趋势,而这种趋势似乎不受氮肥水平的影响,仅有高氮肥水平处理下,表现这种趋势的马铃薯块茎发育阶段占整个块茎发育期的比例较小,对

此本试验不能做出进一步的理论解释,因此,有关环境条件对淀粉各结构组成间的关系及其变化的机理尚需作进一步研究。

参考文献:

- [1] 屈冬玉,谢开云,金黎平,等. 中国马铃薯产业发展与食物安全[J]. 中国农业科学, 2005, 38(2): 358-362.
- [2] 王彦平,蒙美莲,门福义. 氮肥对马铃薯块茎收后贮藏期间淀粉还原糖含量的影响[J]. 现代农业, 2004(12): 21-23.
- [3] 周娜娜,王 刚. 水肥耦合条件下马铃薯产量和 NO₃⁻-N 动态变化研究[J]. 琼州大学学报, 2005, 12(5): 49-51.
- [4] 董 茜,郑顺林,李国培,等. 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): 1571-1574.
- [5] Hoff J C, Lam S L, Erickson H T. Breeding for Neigh protein and dry matter in the potato at Purdue University [J]. Research Bulletin, Agricultural Experiment Station, Purdue University, 1978 (953):23.
- [6] Muldes E Getal. Effect of nitrogen, Phosphorus, potassium and magnesium nutrition and on the amino acids composition potato plants on the content of free amino acids the protein of tubers[J]. Plant and Soil, 1956(7): 135-166.
- [7] Rexon B. Studies of protein of potatoes [J]. Potato Res, 1976 (19): 189-202.
- [8] 康玉林. 土壤施氮与马铃薯块茎中粗蛋白质含量的关系[J]. 马铃薯杂志, 1995(2): 66-69.
- [9] 韦冬萍,韦剑锋,熊建文. 马铃薯氮素营养研究进展[J]. 广东农业科学, 2011(22): 56-60.
- [10] 张志良. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社, 2010: 35-36.
- [11] 张永成. 马铃薯试验研究方法[M]. 北京:中国农业科学技术出版社, 2007: 126.
- [12] Van Gelder W J T. Conversion factor from nitrogen to protein for potato tuber protein[M]. Potato Res, 1981(24): 423-425.
- [13] Millzrd P, Marshall B. Growth, nitrogen uptake and partitioning within the potato (*Solatum tuberosum* L.) crop, in relation to nitrogen application [J]. Sci Food Agri, 1986, 37 (2): 107-114.
- [14] Eppendofer W H, Eggum B O. Nutritive Value of potato crude protein as influenced by manuraing and amino acids composition[J]. J. Sci. Food Agric., 1979(30): 361-368.
- [15] 张朝春,江荣风,张福锁,等. 氮磷钾肥对马铃薯营养状况及块茎产量的影响[J]. 中国农学通报, 2005, 21(9): 279-283.
- [16] Biemond Hand Vos J. Effects of nitrogen on the development and growth of the potato the partitioning of dry matter, nitrogen and nitlevel[J]. Annals of Botany, 1992(70): 37-45.
- [17] 廖佳丽,徐福利,赵世伟. 宁南山区施肥对马铃薯生长发育、产量及品质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2009(4): 48-52.
- [18] 秦鱼生,涂仕华,冯文强,等. 氮、钾营养对不同品种马铃薯产量和品质的影响[J]. 西南农业学报, 2012, 25(2): 571-576.