

# 氮磷钾对马铃薯产量和品质影响的研究进展

何天久<sup>1</sup>, 李其义<sup>2</sup>, 吴巧玉<sup>1</sup>, 吕树明<sup>3</sup>, 雷尊国<sup>1</sup>, 夏锦慧<sup>1</sup>

(1. 贵州省生物技术研究, 贵州 贵阳 550006; 2. 贵州省种子管理站, 贵州 贵阳 550002; 3. 六盘水市农科所, 贵州 六盘水 553000)

**摘要:** 为了进一步提高马铃薯的产量和品质, 简要综述了氮磷钾对马铃薯生长发育过程及产量和品质形成的影响以及马铃薯对其吸收、积累和分配的规律, 并总结了影响氮磷钾提高马铃薯产量和品质的因素及肥料类型、合理配比与施肥时期。

**关键词:** 马铃薯; 氮; 磷; 钾; 产量; 品质

**中图分类号:** S532; S143

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-2767(2014)09-0140-05

马铃薯为茄科茄属一年生草本植物, 粮菜兼用, 营养全面, 适应性广, 是继水稻、小麦、玉米之后的世界第四大粮食作物<sup>[1]</sup>。马铃薯产量、块茎品质除受到品种本身遗传因素的影响外, 还与所采取的栽培措施、作物生长环境等因素有关, 其中施肥是各项栽培措施中极为重要的一个环节, 合理施肥是保证马铃薯产量和提高其品质的前提条件。作为马铃薯生长发育所必需的三大营养元素的氮、磷、钾, 总施用量以及各元素之间的施用比例对马铃薯植株的生长发育、块茎产量和品质有直接的影响。近 20 年来, 随着马铃薯在农业生产与社会经济中的地位越来越高, 国内外以马铃薯为研究对象开展了大量工作。如何提高马铃薯的产量和品质也是众多研究者感兴趣的课题, 该文就氮磷钾对马铃薯产量和品质影响的研究进展进行综述。

## 1 氮磷钾对马铃薯的生理作用

氮、磷、钾三种元素是植物生长必需的营养元素, 在马铃薯生长发育过程中, 均起着极其重要的作用。

### 1.1 氮对马铃薯的生理作用

氮素参与了生物体内蛋白质与核酸的合成, 后两者是组成细胞膜、原生质以及细胞核的重要成分, 在生命活动中具有特殊的不可替代的作用<sup>[2]</sup>。在马铃薯生长过程中, 合理、充足的氮素供应可以促进其茎叶生长, 增加叶面积指数和光合势, 延缓叶片衰老, 显著提高块茎的膨大速率, 增加结薯数和大中薯比率, 从而达到增产的目的<sup>[3]</sup>。但是, 过量施用氮肥易导致马铃薯植株地上部分徒长, 茎叶之间互相遮挡, 降低叶片光合作用效率, 延迟结薯, 降低产量。氮肥施用不足, 会导致根系发育不良, 植株矮小, 茎秆纤细, 叶片薄、小且呈黄绿或灰绿色, 分枝数少, 开花提前, 花量减少。严重时, 植株生长后期只有顶部少数叶片呈绿色, 其余老叶均为黄色或黄白色<sup>[4]</sup>。

### 1.2 磷对马铃薯的生理作用

作为植物生长发育过程中所必需的三种营养元素之一, 磷不仅是 ATP、核酸和磷脂等物质的重要组成元素, 而且参与了多种生理代谢过程的调控。尽管马铃薯对磷的需求量少, 但磷素对其生长发育, 特别是光合源的建成影响较大。磷对马铃薯幼苗的生长发育、块茎的形成、块茎体积的增长乃至淀粉的积累都是必须的<sup>[5]</sup>。研究表明, 合理施用磷肥有助于增加块茎中淀粉含量, 增强块茎淀粉羟基与磷酸盐之间的脂化作用, 淀粉的粘性随两者间脂化程度的提高而增大, 同时淀粉的品质也随之提高<sup>[6]</sup>。磷肥的施用可以促进马铃薯根系尤其是侧根的发育, 并促进块茎的成熟, 在一定程度上抵消了由于氮肥的过量施用造成的迟熟; 磷还可以促进马铃薯块茎萌发、植株地上部的生长<sup>[6-7]</sup>。此外, 施用足量的磷肥还可以促进马铃薯植株光合作用的进行与根系的生长, 增加土壤中束缚水的含量和植物体内生物膜的稳定性, 从

收稿日期: 2014-03-17

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划资助项目(2012BAD06B04); 国家星火计划资助项目(2011GA820001); 贵州省农委动植物育种专项资助项目([2012]25 号); 贵州省农业动植物育种专项资助项目(黔农育专字 2012025 号); 六盘水市省地科技合作协议马铃薯专项资助项目(5202020120103); 贵州省科学技术基金资助项目[黔科合 J 字[2013]2188 号]

第一作者简介: 何天久(1984-), 男, 四川省仁寿县, 博士, 助理研究员, 从事马铃薯栽培生理研究。E-mail: hetianjiu1983@163.com。

通讯作者: 夏锦慧(1974-), 女, 在读博士, 副研究员, 从事马铃薯甘薯栽培生理研究。E-mail: xiajinhui0917@126.com。

而提高植株对干旱的耐受能力<sup>[8]</sup>。缺磷则会抑制侧芽的生长及叶片的伸展<sup>[9]</sup>,造成植株矮小、生长缓慢。马铃薯植株严重缺磷时,其基部小叶会由叶尖开始褪绿变褐,随后向全叶扩展,直到全部叶片枯萎并脱落<sup>[10]</sup>。

### 1.3 钾对马铃薯的生理作用

钾是作物生长必需元素,在维持细胞内物质正常代谢、酶活性增加,促进光合作用及其产物的运输和蛋白质合成等生理生化途径中起到了重要作用。

前人研究表明,马铃薯是一种喜钾的作物,在其整个生长周期内都要求大量的钾供应。钾素可以提高马铃薯植株光合作用效率,并影响光合产物的合成与运输,最终影响马铃薯产量和块茎品质<sup>[11]</sup>。为马铃薯提供充足的钾素,可使植株健壮,茎部结实,叶片变厚,衰老减缓,并增强对寒冷和病害的抵抗能力<sup>[12-13]</sup>。当生长发育过程中钾素供给不足时,就会出现明显的缺钾症状,表现为茎秆柔弱,易倒伏;叶片易失水,耐寒、耐旱性降低;蛋白质和叶绿素被分解,叶色发黄,进而导致组织坏死<sup>[12]</sup>。缺钾严重时植株呈“顶枯”。另外,钾过量也会影响马铃薯正常生长发育<sup>[14]</sup>。

## 2 马铃薯对氮磷钾的吸收、积累、分配

### 2.1 马铃薯对氮磷钾的吸收速率

在全生育期内,马铃薯整个植株对氮磷养分的吸收速率呈规律性变化,其动态变化均呈单峰曲线,峰值出现在块茎增长期<sup>[6,15-21]</sup>。研究表明,马铃薯植株在其生长过程中对钾的吸收速率也多表现出双峰曲线的变化趋势,但其峰值出现在植株生长的块茎增长期与淀粉积累初期,后一时期的吸收速率更高<sup>[15-16]</sup>,但是在旱作栽培条件下,马铃薯对钾素的吸收速率呈单峰曲线变化,峰值出现在块茎增长期<sup>[20,22]</sup>。因此,马铃薯对钾素的吸收速率在不同栽培条件下表现出不同规律。

### 2.2 马铃薯对氮磷钾的积累

马铃薯植株对氮磷钾的需求量受其生长状况控制。在整个生育期内,马铃薯植株的氮磷钾积累量一直呈上升趋势,成熟收获时达最大值<sup>[15,23]</sup>。马铃薯植株中氮磷钾的总量,在苗期到块茎形成期内呈缓慢增长态势,此后直到淀粉积累期均增长较快,峰值出现在淀粉积累期,随后逐渐下降<sup>[6,16-22,24]</sup>。在降低种植密度或者增加氮磷钾肥使用量时,马铃薯植株内钾素积累量均有所上升,其中增施磷肥时,植株生长早期的钾素含量上升尤为明显<sup>[24]</sup>。同时马铃薯各器官的氮磷钾

积累量也存在一定差异,其中根、地上茎和叶的氮磷钾积累量表现为单峰曲线变化,出苗后至块茎膨大期氮磷钾不断增加,此后随着根系老化、叶片脱落,氮磷钾养分向块茎转移,氮磷钾积累量逐渐下降;块茎形成后,氮磷钾积累量持续增加,到收获期达最大值<sup>[22]</sup>。

### 2.3 马铃薯对氮磷钾的分配

不同的生长发育阶段,氮磷钾在马铃薯植株各个器官中的分布不同。在生长前期,所吸收的氮磷钾主要运输到叶片与茎部,这种情况一直持续到块茎膨大期,此时仍然以茎叶为主,茎叶与块茎中的分配比例约为 8:2;块茎成熟期,氮磷钾向块茎中转移<sup>[20]</sup>。研究表明,在马铃薯成熟期,氮素在叶片、地上茎和块茎中的分配率约为 30%、10%~15%和 50%~60%<sup>[16]</sup>;磷素在叶片、地上茎、块茎中的分配率约为 15%~20%、10%~15%和 70%~75%<sup>[17]</sup>;钾素在叶片、地上部分和块茎的分配率约为 10%~20%、10%~20%和 60%~70%<sup>[22]</sup>。

叶片中氮磷钾的分配率均是苗期最高,此后随着植株的生长逐渐降低;氮磷钾在块茎中分配率在整个生长期表现为单峰曲线,峰值出现在块茎增长初期;块茎中氮磷钾的分配率在块茎形成后一直表现为上升趋势,说明有大量的氮磷钾被运输到了块茎中,参与块茎的建成和物质贮存。就整个马铃薯植株而言,淀粉积累期之前氮素的分配为:叶片>地上茎>块茎,叶片中氮素含量高,对维持其光合活性有利;淀粉积累期之后,氮素的分配率在块茎中最高,说明在淀粉积累期内,植株各个器官中的氮素向块茎中加快转移<sup>[16]</sup>。

## 3 氮磷钾对马铃薯产量和品质的影响

### 3.1 氮磷钾对马铃薯产量的影响

氮素营养与马铃薯的产量密切相关,氮肥施用量是影响马铃薯产量形成的重要因素之一<sup>[25-26]</sup>。研究表明,普通大田栽培条件下,当氮肥的施用量在 75~225 kg·hm<sup>-2</sup>时,马铃薯产量随着施用量的增加呈现出先上升后减少的变化规律,峰值出现在施用量为 150 kg·hm<sup>-2</sup>时<sup>[27]</sup>。在干旱条件下,当氮肥施用量在 60~239 kg·hm<sup>-2</sup>时,马铃薯产量随施用量的增加而增加;当产量达到最高点后,再继续增施氮肥,产量也不再增加<sup>[28]</sup>。当灌溉条件良好,施氮量为 60~210 kg·hm<sup>-2</sup>时,马铃薯产量与施氮量呈正相关;施氮量为 135 kg·hm<sup>-2</sup>时,氮肥生理利用率和氮肥

效益最大;施氮量为  $210 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  时,产值最大,施氮量超过  $210 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  时,产量开始下降<sup>[25]</sup>。在滴灌条件下,当施氮量为  $120 \sim 270 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  时,块茎总产量、单株薯重随施氮量的增加表现出抛物线变化,其中产量和商品率在施氮量为  $180 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  时达到最大<sup>[26]</sup>。综上所述,当施氮量在一定范围内增加时,马铃薯产量也随之增加;当施氮量超过这一范围后,产量开始下降。因此,在马铃薯高产栽培中,应该根据栽培条件的差异和品种特性确定相应的氮肥施用量,以免造成氮肥的浪费甚至产量的下降<sup>[29]</sup>。

磷素在马铃薯生产中起着增产作用。陈丽华等研究表明,施磷肥马铃薯产量极显著大于不施磷肥的对照组,增产达 19.7%,且大薯率有所提高<sup>[30]</sup>。通常情况下,每生产 1 t 块茎,马铃薯植株需要从土壤中吸收  $1.66 \sim 1.85 \text{ kg P}_2\text{O}_5$ 。虽然马铃薯对磷肥的需求量不大,但是如果缺磷,马铃薯根系与生长点的正常生长发育将受到影响,造成块茎产量下降,成熟延迟,品质降低。但是,磷肥的施用量不是越多越好,当施用量在一定范围内增加时,块茎产量也将随之上升;当施用量超出该范围时,块茎产量将随着施用量的增加而下降,同时马铃薯植株对其它微量元素的吸收也会受到影响<sup>[31]</sup>。

合理施用钾肥可以提高马铃薯产量<sup>[14,19-20,32]</sup>,主要表现在单株结薯个数与大中薯率的增加。陈功楷等研究表明,钾肥的含量与马铃薯商品率有关,商品率随着施钾量的减少而降低<sup>[33]</sup>。

此外,许多研究人员针对当地的气候条件及土壤状况,对钾肥的施用对马铃薯产量的影响进行了研究,得出了适用于当地马铃薯栽培的最佳施肥时间、施用方式以及最佳的施钾量。黄平华等研究结果表明,贵州省余庆县马铃薯种植中钾肥( $\text{K}_2\text{O}$ )最佳施用量为  $16.75 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ <sup>[34]</sup>。

### 3.2 氮磷钾对马铃薯品质的影响

块茎品质是马铃薯生产中一项重要的经济指标,受到栽培地气候、土壤等自然条件,以及品种遗传特性、栽培方式等因素影响,其中肥料的施用是一个重要的方面<sup>[36-38]</sup>。氮素、磷素及钾素对植物的品质起着重要作用。吕慧峰等研究指出,分期施肥处理的氮磷钾提高马铃薯维生素 C 含量,但降低了淀粉、粗蛋白和磷的含量<sup>[38]</sup>。也有研究报道,不同施肥水平下,施肥量低时淀粉的含量较高,随着施肥量的增加,淀粉含量有所下降<sup>[39]</sup>。张美琴等研究了不同形态氮素对马铃薯品质的关

系,表明从块茎形成期到收获期,块茎硝酸盐含量和蛋白质含量逐渐降低,但施用铵态氮加双氰胺(作为硝化抑制剂)可以有效抑制硝酸盐在马铃薯块茎中的积累,同时降低块茎中还原糖的含量<sup>[40]</sup>。孔令郁等在研究平衡施肥对马铃薯产量与块茎品质的影响时发现,将氮磷钾按 1.00:0.74:1.41 的比例进行施用,能降低块茎中还原糖与硝酸盐的积累,同时增加块茎中的淀粉含量,提高其品质<sup>[41]</sup>。殷文等研究表明,在一定范围内,增施钾肥可以增加块茎中淀粉含量;当钾肥的施用量超过该范围时,块茎中淀粉及 VC 含量随钾肥施用量的增加而降低<sup>[35]</sup>。郑若良等研究表明,随着施用肥料中 N:K 比例的降低,块茎中 VC、还原糖、总糖、淀粉以及干物质含量等趋于增加,但是蛋白质含量降低<sup>[42]</sup>。罗爱花等研究表明,氮磷钾+微量元素配施可以提高马铃薯块茎干物质、粗淀粉、VC 及粗蛋白含量,提高马铃薯产量,说明均衡施肥可实现马铃薯稳产优质<sup>[20]</sup>。

## 4 影响氮磷钾提高马铃薯产量和品质的因素

马铃薯是喜肥作物,施肥策略直接关系到马铃薯产量和块茎品质,主要包括施肥量、施用肥料的类型、氮磷钾的合理配比与施肥时期。此外,品种自身的遗传特性、土壤条件、气候等因素也能影响到氮磷钾对马铃薯产量和品质的提高。

### 4.1 肥料的类型

肥料类型是影响马铃薯高产优质的一个重要因素。合理选择肥料的类型,掌握肥料的用量,能够通过低成本达到高产优质的目的。

农业生产上,常用的氮肥主要可分为:铵态、硝态、铵态硝态以及酰胺态氮肥。由于不同类型氮肥的化学组成不同,施用不同类型的氮肥会影响马铃薯植株叶片的化学组成,并进而影响其光合作用,最终对马铃薯产量和品质造成影响<sup>[36]</sup>。在贵州,施用尿素(酰胺态氮)和碳铵(铵态氮)比施用硝酸钠(硝态氮)分别能增产 15.73% 和 13.49%<sup>[43]</sup>。在滴灌条件下,施用硝酸铵、尿素、硫酸铵和硝酸铵均对马铃薯产量有显著影响,其中施用硝酸铵的处理马铃薯产量和商品率最高,施用尿素或硫酸铵的处理块茎淀粉含量显著高于施用氯化铵或硝酸铵的处理,而施用尿素或硝酸铵的处理块茎还原糖含量显著低于施用硫酸铵或氯化铵以及不施氮肥的处理<sup>[36]</sup>。由此可见,施用不同类型的氮肥会对马铃薯产量、块茎中淀粉与糖的积累产生影响,但是不同条件下得到的试验

结果有一定的差异。

钾肥的类型也有多种,农业上常用的有:硫酸钾、氯化钾、草木灰和窑灰钾肥。通常认为,马铃薯“喜钾忌氯”,因此施用硫酸钾比氯化钾更利于马铃薯的生长发育。但是,马国瑞等研究表明,虽然薯类作物体内的氯含量随着含氯肥料施用量的增加而增加,但并不会影响其对磷和钾的吸收<sup>[44-49]</sup>。刘汝亮等研究表明,施用氯化钾马铃薯产量和淀粉含量均高于施用硫酸钾,认为用氯化钾肥料替代硫酸钾,不会对马铃薯产生负面影响,但用量不宜超过  $90 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ <sup>[47]</sup>。

#### 4.2 氮磷钾的合理配比与施肥时期

氮磷钾不同配施方式对马铃薯产量及品质影响较大。黄平华等研究表明,贵州余庆县马铃薯威芋3号最佳施肥量分别为纯N  $127.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$   $190.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  和  $\text{K}_2\text{O}$   $252.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ <sup>[34]</sup>。而黄科等研究表明,在湖南冬闲田中种植的费乌瑞它,采用纯N  $270.00 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$   $86.55 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  以及  $\text{K}_2\text{O}$   $585.00 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  的施肥组合时,可获得  $27\,507 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  的理论产量<sup>[48]</sup>。

马铃薯在各个生育期需肥量是不同的,尤其是在植株生长的中后期易发生缺肥,并影响最终的产量与品质。合理施肥是提高马铃薯产量的重要手段,其中氮磷钾的合理施用对马铃薯植株正常的生长发育以及产量品质的形成具有重要意义,分期施用氮肥、磷肥和钾肥可以在满足马铃薯植株生长发育各阶段对养分需求的前提下,提高肥料利用率,减少养分挥发,节约肥料。吕慧峰等研究表明,马铃薯的产量以分期施氮磷钾肥>分期施氮钾肥>常规施肥,其中分期施肥中又以底肥(N20%、P40%、K20%)、苗肥(N40%、P30%、K40%)、结薯期(N40%、P30%、K40%)时效果最好<sup>[38]</sup>。郭志平研究表明,在苗期和块茎形成期追施钾肥对马铃薯产量和品质的提高有显著影响<sup>[49]</sup>。此外,穆俊祥等研究表明,氮磷钾和有机肥配合施用有利于提高马铃薯淀粉含量和产量<sup>[37]</sup>。

## 5 结论

近年来,国内研究者对马铃薯氮磷钾三大营养元素方面的问题进行了较多的研究,尤其是对氮素和钾素的研究更为突出,包括各营养元素在马铃薯植株中的含量、吸收速率、积累与分配,为马铃薯生产中肥料的合理施用提供了理论支持。但是,不同马铃薯品种对氮磷钾的需求量以及吸收存在较大差异,加上品种的更新换代,因此,深

入且系统地研究马铃薯对氮磷钾的吸收规律十分必要。

目前很多研究学者根据地区气候及土壤特点,对马铃薯高产的氮磷钾最佳施肥比例做了大量研究。研究表明随着马铃薯产量的提高,块茎内淀粉含量呈下降趋势<sup>[37-38,40]</sup>,而淀粉含量又是评价马铃薯品质的一个重要指标。氮磷钾是影响马铃薯产量与品质的重要因素,深入研究三大营养元素之间的互作机理,调控植株对营养元素的利用,促进马铃薯的高产优质具有重要的理论及现实意义。

#### 参考文献:

- [1] 谢从华. 马铃薯产业的现状与发展[J]. 华中农业大学学报: 社会科学版, 2012(1): 1-4.
- [2] 王忠. 植物生理学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 5-30.
- [3] 冯琰, 蒙美莲, 马恢, 等. 马铃薯不同品种氮、磷、钾与硫素吸收规律的研究[J]. 中国马铃薯, 2008, 22(4): 205-209.
- [4] 杨艳荣. 氮肥对马铃薯生长发育的影响[J]. 吉林蔬菜, 2012(1): 31-33.
- [5] 高聚林, 刘克礼, 张宝林, 等. 马铃薯磷素的吸收、积累和分配规律[J]. 中国马铃薯, 2003, 17(4): 199-203.
- [6] 谢小双, 保石全, 林克惠. 马铃薯的营养特性及地膜覆盖的增产效应[J]. 云南农业大学学报, 2001, 16(1): 35-38.
- [7] 李勇, 吕典秋, 胡林双, 等. 不同氮磷钾配比对马铃薯农艺性状、产量和干物质含量的影响[J]. 中国马铃薯, 2013, 27(3): 148-152.
- [8] 王西瑶, 朱涛, 邹雪, 等. 缺磷胁迫增强了马铃薯植株的耐旱能力[J]. 作物学报, 2009, 35(5): 875-883.
- [9] McArthur D A J, Knowles N R. Influence of species of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus nutrition on growth, development, and mineral nutrition of potato (*Solanum tuberosum* L.) [J]. Plant Physiol, 1993, 102: 771-782.
- [10] 谢开, 金黎平, 屈冬玉. 脱毒马铃薯高产新技术[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2006: 10-30.
- [11] 哈里斯 P M. 马铃薯改良的科学基础[M]. 蒋先明, 田玉丰, 赵越, 等译. 北京: 农业出版社, 1984: 155-185.
- [12] Roberts S, McDole R E. Potassium nutrition of potatoes[C]//Munson R D, Bishop W D. Potassium in Agriculture. International Symposium, Georgia: Atlanta, ASA-CS-SA-SSSA, Wisconsin; Madison, 1985: 799-818.
- [13] Lambert D H, Powelson M L, Stevenson W R. Nutritional interactions influencing diseases of potato[J]. Amer. J. of Potato Res., 2005, 82: 309-319.
- [14] 侯叔音, 张春红, 邱慧珍, 等. 高钾肥力土壤增施钾肥对马铃薯的生物效应[J]. 干旱地区农业研究, 2013, 31(4): 172-176.
- [15] 丁凡, 王季春, 唐道彬, 等. 不同营养方式下雾培马铃薯对氮、磷、钾的吸收、利用及分配规律[J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2008, 33(3): 81-85.
- [16] 刘克礼, 高聚林, 任珂, 等. 早作马铃薯氮素的吸收、积累和分配规律[J]. 中国马铃薯, 2003(6): 321-325.
- [17] 高聚林, 刘克礼, 盛晋华, 等. 早作马铃薯磷素的吸收、积累

- 和分配规律[J]. 中国马铃薯, 2003(6): 326-330.
- [18] 刘向梅, 孙磊, 李功义, 等. 氮磷钾肥施用量及施用时期对马铃薯养分转运分配的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2013(4): 59-65.
- [19] 夏锦慧. 马铃薯“大西洋”干物质积累氮、磷、钾营养特征研究[J]. 西北农业学报, 2009, 18(4): 267-271, 314.
- [20] 罗爱花, 陆立银, 王一航. 大中微量元素配施对陇薯 5 号养分吸收及品质的影响[J]. 长江蔬菜, 2011(6): 52-56.
- [21] 张荣. 马铃薯干物质积累及氮、磷、钾元素的需肥规律研究[J]. 广东农业科学, 2012, 39(17): 55-56, 59.
- [22] 盛晋华, 刘克礼, 高聚林, 等. 旱作马铃薯钾素的吸收、积累和分配规律[J]. 中国马铃薯, 2003, 17(6): 331-335.
- [23] 肖旭峰, 刘明月, 周庆红, 等. 氮磷钾肥配施与马铃薯微型薯产量的相关性[J]. 西北农业学报, 2012, 21(9): 69-73.
- [24] 刘克礼, 张宝林, 高聚林, 等. 马铃薯钾素的吸收、积累和分配规律[J]. 中国马铃薯, 2003, 17(4): 204-208.
- [25] 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, 43.
- [26] 周娜娜. 不同施氮水平对马铃薯产量构成及土壤 NO<sub>3</sub>-N 含量的影响[J]. 中国马铃薯, 2010, 24(2): 91-93.
- [27] 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.
- [28] 张庆元. 柴达木地区不同氮磷钾配比与马铃薯叶片光合特性的关系[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(21): 11099-11101.
- [29] 韦冬萍, 韦剑锋, 熊建文, 等. 马铃薯氮素营养研究进展[J]. 广东农业科学, 2011(22): 56-60.
- [30] 陈丽华, 赵德柱, 李云海. 施用磷肥对马铃薯品种合作 88 产量及大薯率的影响[J]. 云南农业科技, 2003(6): 9-10.
- [31] 吴霞. 马铃薯不同磷肥施用量试验初报[J]. 土壤肥料, 2011(15): 39-40.
- [32] Hoda A M, Shafeek M R, Zaki M F, et al. Response of potato plants (*Solanum tuberosum* L.) to foliar application with different sources of potassium[J]. International Journal of Academic Research, 2011, 3(3): 129-132.
- [33] 陈功楷, 权伟, 朱建军. 不同钾肥量与密度对马铃薯产量及商品率的影响[J]. 中国农学通报, 2013, 29(6): 166-169.
- [34] 黄平华, 沈明红, 徐万金, 等. 氮磷钾配施对马铃薯产量的影响[J]. 中国园艺文摘, 2010(12): 43, 51.
- [35] 殷文, 孙春明, 马晓艳, 等. 钾肥不同用量对马铃薯产量及品质的效应[J]. 土壤肥料, 2005(4): 44-47.
- [36] 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.
- [37] 穆俊祥, 曹兴明, 弓建国, 等. 氮磷钾和有机肥配合施用对马铃薯淀粉含量和产量的影响[J]. 土壤, 2009, 41(5): 844-848.
- [38] 吕慧峰, 王小晶, 陈怡, 等. 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.
- [39] 田国政, 艾训儒, 易永梅, 等. 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): 1599-1601.
- [40] 张美琴, 马建华, 樊明寿. 氮素形态与马铃薯品质的关系[J]. 中国马铃薯, 2008, 22(6): 321-324.
- [41] 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.
- [42] 郑若良. 氮钾肥比例对马铃薯生长发育、产量及品质的影响[J]. 江西农业学报, 2004, 16(4): 39-42.
- [43] 苟久兰, 孙锐锋, 何佳芳, 等. 种植模式和氮肥形态对威芋 3 号马铃薯产量及品质的影响[J]. 中国马铃薯, 2011, 25(1): 36-41.
- [44] 马国瑞, 李春九, 石伟勇. 施用含氯肥料对薯类作物产量和品质影响的研究[J]. 浙江农业大学学报, 1992, 7(3): 156-158.
- [45] 苟久兰, 孙锐锋, 袁玲. 马铃薯钾素营养研究进展[J]. 贵州农业科学, 2009(9): 54-57.
- [46] 易九红, 刘爱玉, 王云高, 等. 钾对马铃薯生长发育及产量、品质影响的研究进展[J]. 作物研究, 2010, 24(1): 60-64.
- [47] 刘汝亮, 李友宏, 王芳, 等. 两种钾源对马铃薯养分累积和产量的影响[J]. 西北农业学报, 2009, 18(1): 143-146.
- [48] 黄科, 刘明月, 何长征, 等. 氮磷钾配施对马铃薯净光合速率的影响研究[J]. 湖南农业科学, 2011, 50(15): 53-55, 59.
- [49] 郭志平, 桑婷婷, 朱慧婷, 等. 不同生育期追施钾肥对马铃薯产量和品质的影响[J]. 湖北农业科学, 2011, 50(4): 681-683.

## Research Progress on Impact of Nitrogen, Phosphorus and Kalium on Yield and Quality of Potatoes

HE Tian-jiu<sup>1</sup>, LI Qi-yi<sup>2</sup>, WU Qiao-yu<sup>1</sup>, LYU Shu-ming<sup>3</sup>, LEI Zun-guo<sup>1</sup>, XIA Jin-hui<sup>1</sup>

(1. Guizhou Institute of Biotechnology, Guiyang, Guizhou 550006; 2. Guizhou Seed Management Station, Guiyang, Guizhou 550002; 3. Agricultural Sciences Institute of Liupanshui, Liupanshui, Guizhou 553000)

**Abstract:** In order to further improve the yield and quality of potato, the effects of nitrogen, phosphorus and kalium on potato growing and development, yield and tuber quality were discussed, as well as law of absorption, accumulation, distributive. Influence factors of nitrogen, phosphorus and kalium for potatoes yield and tuber quality, type of fertilizers, rational matching and fertilizing time were summarized.

**Key words:** potatoes; nitrogen; phosphorus; kalium; yield; quality