

文章编号:1000-8551(2016)01-0178-06

供氮方式对冬马铃薯氮肥利用效率及氮素去向的影响

韦剑锋¹ 宋书会² 梁振华³ 韦冬萍¹ 韦巧云^{2,3} 梁和²¹ 广西科技大学鹿山学院,广西 柳州 545616;² 广西大学农学院,广西 南宁 530005;³ 广西南亚热带农业科学研究所,广西 龙州 532415)

摘要:以马铃薯费乌瑞它为试材,采用田间微区¹⁵N示踪技术,研究施N量160kg·hm⁻²全部基施(T1)、55%基施+45%在齐苗期追施(T2)、55%基施+30%在齐苗期追施+15%在现蕾期追施(T3)3种方式,对冬马铃薯氮肥利用效率及去向的影响。结果表明:马铃薯吸收的N约46%~52%来源于当季施用的氮肥,48%~54%来自土壤和种薯;肥料N利用率为35.16%~39.99%,残留率为47.71%~51.78%,损失率为8.23%~15.50%。3种施氮方式下,肥料N主要残留在0~15cm土层。随施氮时间后移,肥料N残留在0~15cm土层呈上升趋势,在15~45cm土层呈下降趋势。施氮方式对马铃薯干物质积累总量和块茎干物质积累量影响不明显,但T3肥料N利用率、肥料N残留率明显大于T1、T2。因此,综合经济效益和环境效益,T3施氮方式的效果较为理想。本研究为马铃薯氮素养分的有效管理提供了指导依据。

关键词:马铃薯;¹⁵N示踪;氮肥利用率;土壤;氮素残留

DOI:10.11869/j.issn.100-8551.2016.01.0178

合理施用氮肥是农业生产中提高作物产量的重要措施之一,但在我国农业生产中,过量施用氮肥会造成环境问题^[1-2]。研究氮肥施入土壤后的转化和去向,是确定作物氮肥合理施用量和施用方法的理论依据^[3]。前人应用¹⁵N示踪技术研究小麦^[1-5]、玉米^[6-7]、大豆^[7]、甘蔗^[8]、蔬菜^[9]、水稻^[10]、牧草^[11]等作物发现,化肥在当季作物的吸收利用率为5.2%~52.6%,在土壤中的残留率为11.5%~47.5%,损失率为9.0%~61.3%,具体因作物品种、施肥量、施肥方式及栽培条件而异。可见,这些结果一方面为相关作物氮肥的优化管理提供了依据,另一方面反映了作物氮肥残留和损失较为严重的问题。

马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)是我国重要的粮菜兼用作物,其产量和品质与氮素营养密切相关。前人为提高马铃薯产量和品质,就施氮量^[12-17]、施氮方式^[18-23]及施氮时期^[24-26]等氮肥运筹对马铃薯生长发育、产量及品质形成的影响进行了较多研究,结果表明马铃薯氮肥运筹方式与具体栽培条件结合方可取得良好的生产效益。近年来,国内学者对马铃薯氮肥利用

效率也进行了探讨,其中应用差值法研究春马铃薯^[13,18]、夏马铃薯^[14,19]、秋马铃薯^[15]及冬马铃薯^[16]发现氮肥吸收利用率(nitrogen recovery efficiency, RE)分别为36.17%~93.04%、41.22%~77.45%、32.30%~63.40%、12.65%~28.13%;应用¹⁵N示踪法研究发现肥料N利用率为21.1%~59.29^[17]。且马铃薯氮肥吸收利用情况与氮肥运筹方式、土壤性状及水分条件密切相关^[13-19]。但是,有关马铃薯氮肥施入土壤后的残留与损失鲜见报道^[18]。为此,本研究应用¹⁵N示踪技术研究马铃薯氮肥利用率,氮素来源及其比例,肥料氮素在马铃薯各器官的积累分布、在土壤不同土层的残留分布及其他损失,旨在为马铃薯氮素养分的有效管理提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于2013年11月~2014年3月在广西大学农业科学研究基地冬闲田进行。供试土壤为粘质壤土,

收稿日期:2015-01-16 接受日期:2015-06-17

基金项目:广西自然科学基金项目(2013GXNSFBA019050)

作者简介:韦剑锋,男,副研究员,主要从事作物营养与生理生态研究。E-mail: jianfengwei@163.com

通讯作者:梁和,男,教授,主要从事作物栽培生理研究。E-mail: lianghe@gxu.edu.cn

耕层 0~15 cm 土壤, pH 值 7.08, 有机质含量 2.46%, 全 N 含量 $1.08 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 全 P 含量 $1.28 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 全 K 含量 $22.26 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 碱解氮 $106.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 速效磷 $70.7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 速效钾 $166.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; 马铃薯品种为费乌瑞它脱毒二代种, 购自南宁市横县天邦马铃薯种植专业合作社; 氮肥为 ^{15}N 标记尿素(上海化工研究院生产, 丰度值为 10.15%, 含 N 46.4%), 磷肥为过磷酸钙(含 $\text{P}_2\text{O}_5 \geq 12\%$), 钾肥为氯化钾(含 $\text{K}_2\text{O} \geq 60\%$)。

1.2 试验设计

试验在施用等量纯 N $160 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 基础上, 设氮肥全部基施(T1)、55% 基施 + 45% 在齐苗期追施(T2)及 55% 基施 + 30% 在齐苗期追施 + 15% 在现蕾期追施(T3) 3 种处理; 每处理在播种时施磷肥(P_2O_5) $150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和钾肥(K_2O) $360 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 作基肥, 氮肥按试验设计施用。每处理重复 3 次, 每重复为 1 个微区, 随机区组排列。

2013 年 9 月犁耙整地备用。2013 年 10 月下旬设置微区, 每微区由长 80 cm、宽 75 cm、高 55 cm 的无底镀锌铁皮箱围制而成。微区设置时, 先将铁皮箱放置于微区所在位置, 然后将微区周围泥土小心挖开, 将铁皮箱垂直套进土柱中, 并与土柱紧贴, 铁皮箱顶端高出土壤表面 10 cm, 入土深度 45 cm。

2013 年 11 月 16 日播种, 播种规格为 10 万穴 $\cdot \text{hm}^{-2}$, 株行距为 25 cm \times 40 cm, 每微区播种 6 穴。播种前先将剔除烂薯和病薯, 然后将整个小薯下种于表土面上, 每穴 1 个种薯。下种后将基肥撒施于种薯间, 然后覆盖厚约 5 cm 干稻草和厚度为 0.005 mm 黑色农用地膜。同时微区外全田种植马铃薯, 种植规格及管理与微区相同。种薯出苗稳定后进行间苗, 每穴留 1~2 棵苗。

根据试验设计, 马铃薯齐苗(2013 年 12 月 22 日)后和现蕾(2014 年 1 月 9 日)后进行追肥, 追肥时先将穴间地膜撕开一小口, 并将稻草翻开, 然后将氮肥溶于水淋洒在苗间表土, 最后重新覆盖稻草和地膜。

1.3 测定方法

马铃薯生长过程收集干枯叶, 于块茎成熟期(2014 年 3 月 4 日)收获植株, 并按根(表土层以上根)、茎、叶及块茎分别烘干、称质量、粉碎; 马铃薯收获后用直径 2.5 cm 土钻取 0~15 cm、15~30 cm 及 30~45 cm 深度的土壤风干、粉碎、称质量、过筛。全 N 含量和 ^{15}N 丰度值由河北农林科学院遗传生理研究所测定。计算公式:

马铃薯或土壤样品 $\text{ndff} = (\text{样品}^{15}\text{N} \text{ 丰度值} - 0.365) / \text{尿素中}^{15}\text{N} \text{ 丰度值}$

马铃薯或土壤 $\text{Ndff} (\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}) = \text{干物重} (\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}) \times \text{样品全 N 含量} (\%) \times \text{样品 ndff} / 100$

氮肥损失量 $(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}) = \text{施 N 总量} (\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}) - \text{马铃薯 Ndff 总量} (\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}) - \text{土壤 Ndff 总量} (\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$

马铃薯吸收 N 总量 $(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}) = \text{干物重} (\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}) \times \text{样品全 N 含量} (\%) / 100$

肥料氮素来源比率 = 马铃薯 Ndff 总量 $(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}) / \text{马铃薯积累 N 总量} (\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}) \times 100\%$

土壤氮素来源比率 = $100\% - \text{肥料氮素来源比率} (\%)$

氮肥吸收率 = 马铃薯 Ndff 总量 $(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}) / \text{施 N 总量} (\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}) \times 100\%$

氮肥残留率 = 土壤 Ndff 总量 $(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}) / \text{施 N 总量} (\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}) \times 100\%$

氮肥损失率 = 氮肥损失量 $(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}) / \text{施 N 总量} (\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}) \times 100\%$

1.4 数据处理

应用 Excel 2003 和 SPSS 18.0 软件进行数据处理和统计分析, 用 Duncan 新复极差法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同施氮方式对马铃薯干物质积累的影响

由表 1 可知, T1、T3 各部位干物质积累量均大于 T2, 但处理间马铃薯干物质积累总量及叶、块茎干物质积累量差异不显著。说明追施氮肥未能促进马铃薯生长和增产。

2.2 不同施氮方式对马铃薯氮素积累的影响

由表 2 可知, 根全 N 积累量表现为 T1、T3 显著大于 T2, 茎全 N 积累量表现为 T1、T2 显著大于 T3, 叶全 N 积累量表现为 T1 显著大于 T2、T3, 但处理间马铃薯全 N 总量及块茎全 N 积累量差异不显著。此外, 处理间马铃薯茎肥料 N 积累量差异不显著, 而其他部位肥料 N 积累量表现为 $T3 > T1 > T2$, 且 T3 肥料 N 总量与 T2 的差异达显著水平, T3 块茎肥料 N 积累量与 T1、T2 的差异也显著。说明追施氮肥影响马铃薯对肥料 N 的吸收, 其中 T3 有明显的促进作用。

2.3 不同施氮方式对马铃薯氮素来源的影响

由表 3 可知, 马铃薯及其各器官吸收的 N 有 34.38%~53.14% 来自施用的氮肥, 46.86%~65.52% 来自土壤和种薯, 其中 T1、T2 肥料 N 来源比率小于土壤 N 来源比率, T3 肥料 N 来源比率明显大于土壤 N 来源比率。处理间根氮素来源比率差异不

表1 不同处理马铃薯干物质积累

Table 1 Dry matter accumulation of potato in different treatments

/($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)

处理 Treatment	总量 Total amount	根 Roots	茎 Stalk	叶 Leaves	块茎 Tuber
T1	7 265.23aA	22.30aA	202.20aA	1 086.50aA	5 954.23aA
T2	6 846.49aA	19.62bA	188.09bA	1 042.70aA	5 596.08aA
T3	7 169.30aA	24.10aA	194.40abA	1 066.90aA	5 883.90aA

注: 同列中不同小写字母表示差异达显著水平($P < 0.05$), 不同大写字母表示差异达极显著水平($P < 0.01$)。下同。

Note: Different small letters of the same column mean significant difference at 0.05 level, different capital letters mean very significant difference at 0.01 level. The same as following.

表2 不同处理马铃薯氮素积累

Table 2 The nitrogen accumulation of potato in different treatments

/($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)

氮素 Nitrogen	处理 Treatment	总量 Total amount	根 Roots	茎 Stalk	叶 Leaves	块茎 Tuber
全 N Total nitrogen	T1	124.26aA	0.35aA	2.75aA	26.85aA	94.31aA
	T2	121.91aA	0.31bA	2.79aA	24.35bA	94.46aA
	T3	120.84aA	0.37aA	2.45bA	24.88bA	93.14aA
肥料 N Fertilizer N	T1	60.12abA	0.13aA	1.27aA	12.93aA	45.79bA
	T2	56.25bA	0.11bB	1.29aA	11.41bA	43.44bA
	T3	64.00aA	0.14aA	1.23aA	13.13aA	49.50aA

表3 不同处理马铃薯氮素来源比率

Table 3 The nitrogen resources proportion of potato in different treatments

/%

处理 Treatment	总量 Total amount		根 Roots		茎 Stalk		叶 Leaves		块茎 Tuber	
	肥料 N Fertilizer N	土壤 N Soil N	肥料 N Fertilizer N	土壤 N Soil N	肥料 N Fertilizer N	土壤 N Soil N	肥料 N Fertilizer N	土壤 N Soil N	肥料 N Fertilizer N	土壤 N Soil N
T1	48.38bA	51.62aA	37.24aA	62.76aA	46.05bA	53.95aA	48.17bA	51.83aA	48.55bA	51.45aA
T2	46.14cA	53.86aA	34.38aA	65.62aA	46.10bA	53.90aA	46.87cA	53.13aA	45.98bA	54.02aA
T3	52.95aA	47.05bA	36.39aA	63.61aA	50.27aA	49.73bA	52.76aA	47.24bA	53.14aA	46.86bA

显著;肥料 N 总量及叶肥料 N 来源比率表现为 $T3 > T1 > T2$, 且处理间的差异达显著水平;其他部位肥料 N 来源比率表现为 T3 显著大于 T1、T2, 土壤 N 来源比率表现为 T1、T2 显著大于 T3。说明追施氮肥影响马铃薯氮素来源, 其中 T3 可明显降低马铃薯生长发育对土壤 N 的依赖程度。

2.4 不同施氮方式对马铃薯氮肥利用率的影响

由表4可知,马铃薯吸收的肥料 N 最终绝大部分被块茎利用,其次是叶,而茎和根利用较少;处理间茎肥料 N 利用率差异不显著;根和叶肥料 N 利用率表现为 T1 与 T3 基本持平,但两者显著大于 T2;块茎肥料 N 利用率表现为 T3 显著大于 T1、T2。说明追施氮肥影响马铃薯根、叶及块茎对肥料 N 的利用,其中 T3 有促进作用。

表4 不同处理马铃薯各器官肥料 N 利用率

Table 4 The nitrogen utilization ratio of potato in different treatments

/%

处理 Treatment	根 Roots	茎 Stalk	叶 Leaves	块茎 Tuber
T1	0.08aA	0.79aA	8.08aA	28.62bA
T2	0.07bA	0.80aA	7.13bA	27.15bA
T3	0.08aA	0.77aA	8.20aA	30.94aA

2.5 不同施氮方式对肥料氮素去向的影响

由表5可知,施入土壤中的肥料 N 有 35.16% ~ 39.99% 被马铃薯吸收利用,47.71% ~ 51.78% 残留在土壤中,8.23% ~ 15.50% 以其他方式损失;肥料 N 总吸收量和利用率表现为 $T3 > T1 > T2$, 其中 T3 与 T2 的

差异均达显著水平;肥料 N 总残留量和残留率表现为 $T3 > T2 > T1$, 其中 $T3$ 与 $T1$ 的差异均达显著水平;肥料 N 总损失量和损失率表现为 $T2 > T1 > T3$, 其中 $T3$ 与 $T1$ 、 $T2$ 的差异均达显著水平。说明 $T3$ 可促进氮肥吸收利用和减少氮肥损失。

2.6 不同施氮方式对土壤氮素残留的影响

由表 6 可知,施入土壤中的肥料 N 有 39.00% ~ 45.09% 残留在 0 ~ 15cm 土层,3.68% ~ 4.45% 残留在

15 ~ 30cm 土层,3.01% ~ 4.26% 残留在 30 ~ 45cm 土层。说明残留在土壤中的肥料 N 绝大部分聚集在表土层或原来施肥的位置,但有一部分有可能已移到或移出 45cm 土层。此外,不同处理肥料 N 残留量和残留率在 0 ~ 15cm 土层表现为 $T3 > T2 > T1$, 在 15 ~ 30cm、30 ~ 45cm 土层表现为 $T1 > T2 > T3$, 处理间的差异均达显著水平。说明 $T3$ 肥料 N 在表层土壤残留较多,而 $T1$ 、 $T2$ 肥料 N 在深层土壤残留较多。

表 5 不同处理肥料 N 的去向

Table 5 The fate of ^{15}N -fertilizer in different treatments

处理 Treatment	马铃薯吸收 Uptake by potato		土壤残留 Soil residue		其他损失 Other losses	
	总量 Total amount/ ($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)	利用率 Utilization ratio/%	总量 Total amount/ ($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)	残留率 Residue ratio/ %	总量 Total amount/ ($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)	损失率 Losses ratio/ %
T1	60.12abA	37.58abA	76.34bA	47.71bA	23.54aA	14.71aA
T2	56.25bA	35.16bA	78.95abA	49.34abA	24.806aA	15.50aA
T3	63.99aA	39.99aA	82.84aA	51.78aA	13.17bB	8.23bB

表 6 不同处理各土层肥料 N 残留分布

Table 6 The ^{15}N -fertilizer residue in soil profile in different treatments

处理 Treatment	各土层肥料氮素残留量 ^{15}N residual amount in soil profile/($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)			各土层肥料氮素残留率 ^{15}N residual ratio in soil profile/%		
	0 ~ 15cm	15 ~ 30cm	30 ~ 45cm	0 ~ 15cm	15 ~ 30cm	30 ~ 45cm
	T1	62.40cA	7.13aA	6.81aA	39.00cA	4.45aA
T2	67.04bA	6.47bAB	5.44bB	41.90bA	4.04bAB	3.40bB
T3	72.14aA	5.89cB	4.81cB	45.09aA	3.68cB	3.01cB

3 讨论

关于马铃薯氮肥追施效应的结论不尽一致。有研究认为追施氮肥可以促进马铃薯干物质积累或提高块茎产量^[12,18,20-22,27-28];也有研究认为追施氮肥对马铃薯块茎产量无影响^[23,29-30]或追氮(如追氮量、追氮比例或追氮时期)不恰当会降低块茎产量或品质^[12,18,22,24-25]。本研究表明,氮肥作基肥+追肥施用未能促进马铃薯尤其是块茎的增产。由此可见,氮肥追施对马铃薯生长、产量及品质形成的影响因具体栽培条件和追肥方式而异。因此,马铃薯生产中是否追施氮肥和如何追施需结合具体栽培条件而定,以最大限度的发挥施氮效应^[12,23]。

马铃薯对氮素的吸收与氮肥运筹相关。有研究认

为氮肥 1/3 作追肥施用可显著增加春马铃薯氮素积累量^[18];也有研究认为氮肥 1/3 在块茎形成期追施不利于夏马铃薯氮素积累^[26]。本研究发现,氮肥作基肥+追肥施用未能促进冬马铃薯氮素积累。出现这一差异可能与具体栽培季节、追肥时期和基追比例不同有关。但研究发现, $T3$ 肥料 N 积累量尤其是块茎肥料 N 积累量明显大于 $T1$ 、 $T2$, 这可能是现蕾期追施氮肥进一步满足了马铃薯快速生长对氮素的需求,并使养分吸收高峰与块茎生长高峰吻合,从而促进肥料 N 向块茎转移^[26]。但具体机理还需从马铃薯各器官对肥料 N 的动态积累方面进行研究。

作物氮素来源比率因作物品种、土壤肥力、施氮量及施氮方式而差异较大^[1-4,8,10]。本研究表明,马铃薯及其各器官吸收的 N 有 34.38% ~ 53.14% 来自当季氮肥,46.86% ~ 65.52% 来自土壤和种薯,其中 $T3$ 可

明显降低马铃薯土壤 N 来源比率,这一结果与甘蔗氮肥追施的结果相似^[8],说明追氮时间适当后移有利于降低作物对土壤 N 的依赖程度。因此,生产中可通过氮肥运筹来调控作物对土壤 N 的依赖性,以实现用地与养地相结合。

据报道,国内马铃薯的氮肥吸收利用率为 12.65%~93.04%^[13-19]。本研究中,马铃薯氮肥利用率为 35.16%~39.99%,说明不同栽培条件下马铃薯氮肥利用率差异较大。研究还发现,T3 肥料 N 利用率尤其是块茎肥料 N 利用率最高,与春马铃薯^[18]和夏马铃薯^[26]氮肥追施的结果相似,说明恰当追施氮肥可提高马铃薯氮肥利用率。不同氮肥运筹下肥料 N 残留有较大差异^[1-4,6-10]。本研究中,马铃薯氮肥残留率为 47.71%~51.78%,且绝大部分残留在表层土壤,这与其他作物氮肥残留分布规律基本一致^[1-2,6,8-10]。但研究发现,追氮时间后移,肥料 N 残留率在 0~15cm 土层呈上升趋势,在 15~45cm 土层呈下降趋势,这与甘蔗氮肥追施的结果相同^[8];而残留在浅层土壤的肥料 N 可以维持土壤肥力和被后季作物回收利用^[6-7]。因此,后茬作物种植可采用适宜的耕作措施(如免耕、浅耕、深耕或粉垄)来充分利用土壤累积的氮素,以发挥残留氮肥的后效。但采用何种耕作措施最为适宜还有待研究。氮肥施入土壤后的损失因土壤条件、栽培措施及氮肥运筹方式而异^[1-10]。本研究中,马铃薯氮肥损失率为 8.23%~15.50%,与冬小麦^[2,4]和夏玉米^[6]的氮肥损失率较为接近。研究也发现,T3 肥料 N 损失率显著小于 T1、T2,结果与冬小麦^[4]和甘蔗^[8]氮肥追施的结果相似。可见,恰当追肥是减少作物氮肥损失的重要途径。然而,目前国内还缺乏不同地区和不同种植模式下马铃薯氮肥各种损失比例的数据,同时对氮肥当季利用率也缺乏详细的了解。因此,这方面的研究有待加强。

总体分析表明,T3 表现较好,T2 表现较差。这一差异可能与 T2 在齐苗期追施氮肥比例过大或与 T2 未在现蕾期追施氮肥有关。追氮时期不合理或比例不恰当,不利于马铃薯生长及产量形成^[21,24-26]。其他追氮方式是否可促进冬马铃薯生长及产量提高需要进一步研究。此外,当地马铃薯采用稻草或稻草+地膜覆盖栽培,追肥费工费时,不易操作。因此,更适于当地马铃薯生产的施氮方式(如苗期不追氮、调整基肥与后期追肥比例或氮肥减量后全部基施等)有待进一步研究。

4 结论

本研究表明,不同施氮方式间马铃薯干物质积累量尤其是块茎干物质积累量差异不显著,但肥料 N 吸收利用、残留及损失表现出明显差异。其中 T3 施氮方式有利于促进马铃薯对肥料 N 的吸收利用,同时显著增加肥料 N 在土壤尤其是 0~15cm 土层的残留;而 T1、T2 施氮方式肥料 N 利用率较低,且肥料 N 损失较多。因此,从经济效益和环境效益考虑,氮肥按 55% 基施+30% 在齐苗期追施+15% 在现蕾期追施(T3)的效果较好,这为提高马铃薯氮肥利用效率提供了理论依据。

参考文献:

- [1] 韩燕来,葛东杰,汪强,王宜伦,谭金芳. 施氮量对豫北潮土区不同肥力麦田氮肥去向及小麦产量的影响[J]. 水土保持学报, 2007, 21(5): 151-154
- [2] 吉艳芝,巨晓棠,刘新宇,张丽娟,李鑫,刘楠. 不同施氮量对冬小麦田氮去向和气态损失的影响[J]. 水土保持学报, 2010, 24(3): 113-118
- [3] 刘新宇,巨晓棠,张丽娟,李鑫,袁丽金,刘楠. 不同施氮水平对冬小麦季化肥氮去向及土壤氮素平衡的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(2): 296-303
- [4] 徐凤娇,田奇卓,裴艳婷,李慧,刘鑫,李娜娜,石玉华. 土壤肥力和施氮方式对冬小麦不同生育期两类氮源吸收利用的影响[J]. 麦类作物学报, 2011, 31(2): 257-264
- [5] 李强,王朝辉,戴健,李富翠,李孟华,赵护兵,曹群虎. 氮肥调控与地表覆盖对旱地冬小麦氮素吸收及残留淋失的影响[J]. 中国农业科学, 2013, 46(7): 1380-1389
- [6] 吴永成,王志敏,周顺利. ¹⁵N 标记和土柱模拟的夏玉米氮肥利用特性研究[J]. 中国农业科学, 2011, 44(12): 2446-2453
- [7] 刘小明,雍太文,刘文钰,苏本营,宋春,杨峰,王小春,杨文钰. 减量施氮对玉米-大豆套作体系土壤氮素残留和氮肥损失的影响[J]. 应用生态学报, 2014, 25(8): 2267-2274
- [8] 韦剑锋,韦冬萍,陈超君,蓝立斌,刘欢雨,梁和. 不同施氮方式对甘蔗氮肥效率及氮素去向的影响[J]. 核农学报, 2013, 27(2): 213-218
- [9] 阮云泽,唐树梅,何秋香,吴川德. 海南花岗岩红壤¹⁵N 示踪尿素氮的去向[J]. 热带作物学报, 2005, 26(3): 103-108
- [10] 樊红柱,吕世华,曾祥忠. 移栽叶龄对水稻氮素吸收利用及¹⁵N-肥料去向影响[J]. 核农学报, 2010, 24(1): 104-107
- [11] 黄秀声,钟珍梅,黄勤楼,冯德庆,陈钟佃,王明光. 利用¹⁵N 示踪技术研究 8 种禾本科牧草对氮肥的吸收和转化效率[J]. 核农学报, 2014, 28(9): 1677-1684
- [12] 孙磊,王弘,李明月,毕诗婷,田静媛. 马铃薯生产的氮肥管理策略[J]. 中国马铃薯, 2013, 27(5): 314-318
- [13] 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
- [14] 范香全,张胜,蒙美莲,王丽丽,宋文喆,王立秋,张志芳. 施氮量及密度对膜下滴灌马铃薯氮素吸收与利用的影响[J]. 安徽农业

- 科学,2014,42(14):4272-4274,4421
- [15] 李利. 不同施氮量对马铃薯氮素吸收、积累及利用的影响[J]. 山西农业科学,2012,40(12):1292-1295
- [16] 黄继川,彭智平,于俊红,吴雪娜,林志军,杨林香. 不同氮肥用量对冬种马铃薯产量、品质和氮肥利用率的影响[J]. 热带作物学报,2014,35(2):266-270
- [17] 何华,赵世伟,陈国良. 不同水肥条件对马铃薯肥料N利用率的影响[J]. 应用生态学报,2000,11(2):235-239
- [18] 雷武生,王永平. 不同氮肥运筹对丘陵地区春播马铃薯产量及氮素吸收利用的影响[J]. 广东农业科学,2013,40(21):61-65
- [19] 梁潇,张胜,蒙美莲,岳红丽,刘文璐. 追氮对膜下滴灌马铃薯氮素吸收积累规律及利用效率的影响[J]. 中国马铃薯,2013,27(1):42-47
- [20] 吴玉红,郝兴顺,陈进,刘勇,付伟伟,魏玲,李小安,吴军舰,李元福. 氮肥基追肥比例对马铃薯微型薯生产的影响[J]. 中国马铃薯,2012,26(6):354-357
- [21] 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
- [22] 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):1571-1574
- [23] 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
- [24] 王弘,孙磊,梁杰,李功义,石瑛,毕诗婷,李明月. 氮肥基追比例及追施时期对马铃薯干物质积累分配及产量的影响[J]. 中国农学通报,2014,30(24):224-230
- [25] 吕慧峰,王小晶,陈怡. 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
- [26] 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
- [27] 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 high lands of Ethiopia [J]. African Journal of Plant Science, 2009, 3(2):16-24
- [28] Rosen C J, Bierman P M. Potato yield and tuber set as affected by phosphorus fertilization [J]. American Journal of Potato Research, 2008,85(2):110-120
- [29] Alva A. Effects of pre-plant and in-season nitrogen management practices on tuber yield and quality of two potato cultivars [J]. Journal of Vegetable Crop Production,2004,10(2):43-60
- [30] Joern B C, Vitosh M L. Influence of applied nitrogen on potato. Part II: Recovery and partitioning of applied nitrogen [J]. American Potato Journal,1995,72(1):73-84

Effect of Nitrogen Application Types on Nitrogen Utilization Efficiency and Fate of Fertilizer for Winter-planting Potato

WEI Jianfeng¹ SONG Shuhui² LIANG Zhenhua³ WEI Dongping¹ WEI Qiaoyun^{2,3} LIANG He²

¹ Lushan College of Guangxi University Science and Technology, Liuzhou, Guangxi 545616;

² Agricultural College of Guangxi University, Nanning, Guangxi 530005;

³ Guangxi Institute of South Subtropical Agricultural Sciences, Longzhou, Guangxi 532415)

Abstract: A micro-plot experiment in field was conducted with ¹⁵N 160 kg · hm⁻² total amounts by three kinds of treatments of disposable bottom application nitrogen before sowing (T1), 55% nitrogen before sowing and 45% nitrogen during seedling stage (T2), and 55% nitrogen before sowing, 30% nitrogen during seedling stage and 15% nitrogen applied during squaring stage (T3) to investigate the use efficiency and fate of fertilizer nitrogen using the potato cultivar Favorite. Results showed that almost 46% to 52% of total N uptake by potato came from fertilizer, and 48% to 54% N derived from soil and seed-tuber. The nitrogen use efficiency ranged from 35.16% to 39.99%, with ¹⁵N-fertilizer residue of 47.71% to 51.78%, and ¹⁵N-fertilizer loss of 8.23% to 16.98% among three treatments. ¹⁵N-fertilizer residual mainly distributed in 0 to 15cm top soil under the three types of nitrogen application. The amounts ¹⁵N-fertilizer residue in 0 to 15cm top soil showed a rising trend with delaying nitrogen application, but dropped in 15 to 45cm soil profile. There was no significant effect of nitrogen application types on accumulation of total dry matter and tuber dry matter of potato, but ¹⁵N-fertilizer utilization ratio and residue ratio of T3 were significantly higher than T1 and T2. These results indicated that T3 was the suitable nitrogen application types in the view of economic and environmental benefit. And the research provides guidance basis on effective management on nitrogen nutrient of potato.

Keywords: potato, ¹⁵N-labeled, nitrogen utilization ratio, soil, nitrogen residue