

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2011)01-0036-06

土壤肥料

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

苟久兰^{1*}, 孙锐锋¹, 何佳芳¹, 秦 松¹, 肖厚军¹, 周瑞荣¹, 袁 玲²

(1. 贵州省土壤肥料研究所, 贵阳 550006; 2. 西南大学资源环境学院, 重庆 北碚 400716)

摘 要: 试验选用马铃薯品种威芋 3 号, 采用田间试验方法, 研究了薯玉传统间作模式、薯豆间作新模式下氮素形态对马铃薯产量、品质、营养吸收的影响。结果表明: 薯豆间作显著提高马铃薯产量, 比单作和薯玉间作分别增产 17.2%、5.8%, 并显著提高薯块粗蛋白含量和单株氮、钾含量, 但使淀粉含量降低。与硝态氮肥相比较, 铵态氮肥、酰胺态氮肥显著提高马铃薯产量, 分别增产 15.73%、13.49%; 与其他两种形态氮肥相比, 铵态氮肥显著提高了薯块的粗蛋白、Vc 含量、植株氮、磷、钾含量, 但显著降低了还原糖、淀粉含量。氮肥形态与间作对马铃薯粗蛋白、淀粉、还原糖、产量、单株氮、钾含量有显著的交互效应。

关键词: 马铃薯; 薯玉间作; 薯豆间作; 氮肥形态

Effect of Different Cropping Patterns and Nitrogenous Fertilizer Forms on Potato Yield and Quality

GOU Jiulan^{1*}, SUN Ruifeng¹, HE Jiafang¹, QIN Song¹, XIAO Houjun¹, ZHOU Ruirong¹, YUAN Ling²

(1. Guizhou Institute of Soil and Fertilizer, Guiyang, Guizhou 550006, China; 2. College of Resource and Environment, Southwest University, Beibei, Chongqing 400716, China)

Abstract: A field experiment was carried out to research the effects of nitrogenous fertilizer forms on potato yield, quality and nutrient absorption in intercropping systems of potato and maize, and potato and kidney bean. The results showed that the yield of potato intercropping with kidney beans was significantly increased by 17.2% and 5.8%, respectively, when compared with monoculture and potato intercropping with maize. Crude protein in tuber and N and K content of plant were also significantly increased with the decrease in the content of starch. The yield of potato was significantly increased (15.73% and 13.49%, respectively) by $\text{NH}_4^+\text{-N}$ and $\text{CONH}_2\text{-N}$ when compared with $\text{NO}_3^+\text{-N}$. The crude protein content and vitamin C content of tubers, and concentration of NK of plant were improved by ammonium nitrogen when compared with the other two nitrogen forms, but reducing sugar and starch significantly decreased. There were significant interactive effects between nitrogen form and intercropping pattern on the yield, crude protein content, starch content, reducing sugar content, and NK concentration per potato plant.

Key Words: potato; potato and maize intercropping; potato and kidney bean intercropping; nitrogen form

由于贵州省种植结构的调整, 马铃薯已经跃居成为第三大农作物^[1-2]。随着种植面积的迅速增长, 迫切需要与之相适应的高产、优质配套栽培技术; 贵州耕地资源相对匮乏, 单作、连作加重马铃薯病害, 所以, 推广间、套作成为马铃薯栽培的主要发

展方向。对马铃薯间、套作的研究, 主要集中在马铃薯和玉米间套作(薯玉间作)的带距、密度等栽培技术上^[3-6], 相关施肥问题涉及不多, 关于薯玉间作的氮素营养, 以及马铃薯与其他作物间套作的合理施氮和氮的营养效应少见报道。为此笔者采用田间

收稿日期: 2010-09-09

基金项目: 贵州省科技重大专项计划项目[黔农科合重大专项字(2008)6009 号]; 贵州省科技厅能力建设项目[院所创能 2007-012]; 财政部能力建设项目[黔科条基(2007)2]; 贵州省科技计划项目[黔科合农 G 字(2009)4001 号]。

作者简介: 苟久兰(1980-), 女, 硕士, 助理研究员, 主要从事植物营养方面的研究。

* 通信作者(Corresponding author): 苟久兰, E-mail: 150046390@qq.com.cn。

试验方法, 选用威芋3号, 研究了薯玉传统间作模式、马铃薯与芸豆新闻作模式(薯豆间作)下氮肥形态对威芋3号产量、品质、营养吸收的影响, 以期在间作条件下威芋3号优质、高产氮肥的施用提供科学依据, 也为马铃薯间作条件下氮肥的合理施用提供一定的理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验地为贵州省威宁县嘎利村, 海拔 2 290 m, 土壤为黄棕壤灰泡泥土, 基本农化性质为: pH 6.32, 有机质 28.45, 全氮、全磷、全钾分别为 2.86、1.98、7.19 g/kg, 碱解氮、有效磷、有效钾分别为 145.3、29.1、77.2 mg/kg。

供试品种为马铃薯威芋3号, 玉米宣黄单7号, 芸豆威宁本地种。供试肥料为铵态氮: 碳铵(含 N 17%), 硝态氮: 硝酸钠(含 N 16%), 酰胺态氮: 尿素(含 N 46%), 磷肥为钙镁磷肥(含 P_2O_5 14%), 钾肥用氯化钾(含 K_2O 60%)。

1.2 试验设计

试验采用 2 因素 3 水平随机区组试验设计, 3 次重复, 因素 A 为种植方式, 水平为: A_1 马铃薯单作、 A_2 薯玉间作、 A_3 薯豆间作; B 因素为氮肥形态, 水平为: B_1 铵态氮、 B_2 硝态氮、 B_3 酰胺态氮。N、P、K 肥用量各处理相同, 每 667 m^2 N 肥用量 16 kg, P 肥用量 P_2O_5 8 kg, K 肥用量 K_2O 18 kg。

马铃薯单作为宽窄行, 窄行 30 cm, 宽行 60 cm; 薯玉、薯豆间作均以 2:2 套作, 带距为 1.2 m, 小区面积 18 m^2 , 宽 3 m, 长 6 m, 单作马铃薯每小区种

8 行(4 个宽行); 间作小区为 2 个间作带。小区间设 60 cm 走道。试验地周围设 4 行玉米为保护行。试验马铃薯种植时间 2009 年 3 月 17 日, 玉米、芸豆种植时间 2009 年 4 月 9 日。氮肥 60% 作为底肥, 40% 作为追肥(追肥 1 次); P、K 肥全部作为底肥施用, 施用底肥时采用条施, 追肥穴施。威芋3号追肥是在 2009 年 5 月 15 日, 玉米、芸豆于 2009 年 6 月 19 日追肥。马铃薯、芸豆于 2009 年 9 月 1 日收获, 玉米 2009 年 10 月 25 日收获。

1.3 测定方法

植株 N、P、K 含量用常规方法进行分析^[7]。薯块粗蛋白质用凯氏定氮法测氮乘以 6.25^[8], 淀粉测定用酸蒽酮法^[8]、还原糖测定用 3, 5-二硝基水杨酸比色法^[8], 维生素 C 测定用 2, 6-二氯酚滴定法^[8], 干物质用烘干称重法测定^[8]。土壤基本农化分析主要项目有: 有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、有效磷、有效钾, 均用常规方法进行分析^[9]。薯块产量以小区实测产量换算。

1.4 数据统计

数据用 Excel 2003 和 DPS 软件进行分析和作图。

2 结果与分析

2.1 种植模式和氮素形态对马铃薯产量的影响

2.1.1 种植模式对威芋3号产量的影响

通过对威芋3号产量数据进行统计分析(表 1), 可见种植模式对马铃薯产量有显著的影响。以薯豆间作马铃薯产量最高, 其次为薯玉间作, 单作马铃薯产量最低。薯豆、薯玉间作、单作 3 种模式之间的马铃薯产量均存在显著差异。

表1 不同种植模式对马铃薯产量的影响

Table 1 Effect of different cropping patterns on potato yield

种植方式 Cropping pattern	平均产量 (kg / hm^2) Average yield	增减率 (%) Percentage change	差异显著性 Difference significance
A_1	40616.0	—	c
A_2	42984.4	5.8	b
A_3	47591.7	17.2	a

注: A_1 为单作, A_2 为薯玉间作, A_3 为薯豆间作, 下同。

Note: A_1 stands for monocropping, A_2 potato and maize intercropping, and A_3 potato and bean intercropping. The same below.

2.1.2 氮肥形态对威芋3号产量的影响

如表 2 所示, 氮肥形态对马铃薯产量的影响有显著差异, 以铵态氮肥公顷产量最高, 达 46 118.7 kg,

其次是酰胺态氮肥, 达 45 223.2 kg, 两者均显著高于硝态氮肥, 但铵态氮肥与酰胺态氮肥间马铃薯产量未达显著差异。

表 2 不同氮肥形态水平对马铃薯产量的影响
Table 2 Effect of different N forms on potato yield

氮肥形态 N form	平均产量 (kg/hm ²) Average yield	增减率 (%) Percentage change	差异显著性 Difference significance
B ₁	46118.7	2.0	a
B ₂	39850.2	11.9	b
B ₃	45223.2	—	a

注：B₁ 为铵态氮，B₂ 硝态氮，B₃ 为酰胺态氮，下同。
Note: B₁ stands for NH₄⁺-N, B₂ NO₃⁻-N, and B₃ CONH₂-N. The same below.

表 3 间作模式与氮素形态交互作用对马铃薯品质影响的 F 值
Table 3 F values of the interaction of inter-cropping patterns with N forms for potato quality

指标 Index	产量 Yield	粗蛋白 Crude protein	淀粉 Starch	还原糖 Reducing sugar	Vc	干物质 Dry matter
(A×B) F	16.08*	34.81*	4.30*	8.46*	1.18	2.12

注：A 为种植模式，B 为氮肥形态，F_{0.05} = 3.01。* 表示显著水平为 0.05，表 8 相同。
Note: A stands for cropping pattern and B N form. F_{0.05} = 3.01. *stands for 0.05 significant level. The same with Table 8.

2.1.3 种植模式与氮素形态交互作用

从表 3 可以看出，产量、粗蛋白、淀粉、还原糖的(A × B) F 值大于 F_{0.05}，说明间作模式与氮肥形态之间存在互作效应。而 Vc 和干物质不存在间作模式与氮肥形态间的互作效应。

9 个处理组合中(图 1)，薯豆间作、铵态氮肥的处理组合马铃薯公顷产量最高，达 50 006.5 kg，单作、硝态氮肥的处理组合马铃薯产量最低，为 37 009.2 kg。

2.2 种植模式和氮肥形态对马铃薯品质的影响

2.2.1 种植模式对威芋 3 号品质的影响

对威芋 3 号薯块粗蛋白、淀粉、还原糖、Vc 以及干物质含量的分析见表 4。薯豆间作和薯玉间作的粗蛋白和 Vc 含量显著高于单作，淀粉含量显著低于单作，但二者之间差异不显著；薯豆间作和薯玉间作显著降低还原糖含量，并且二者之间差异显著；3 种植模式之间干物质差异不显著。

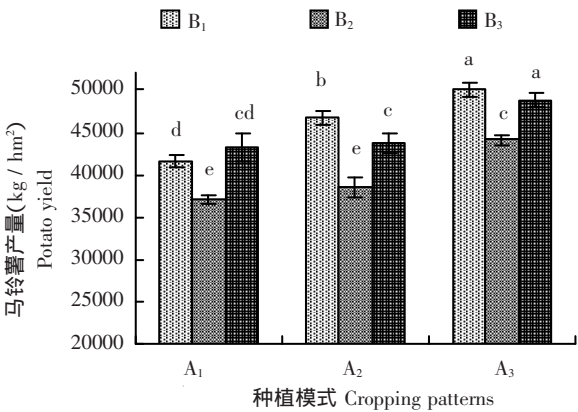


图 1 间作模式与氮肥形态交互对马铃薯产量的影响
Figure 1 Effect of the interactions of cropping patterns with N forms on yield of potato

注：A₁ 为单作，A₂ 为薯玉间作，A₃ 为薯豆间作；B₁ 为铵态氮，B₂ 为硝态氮，B₃ 为酰胺态氮，下同。
Note: A₁ stands for monocropping, A₂ potato and maize intercropping, and A₃ potato and bean intercropping. B₁ stands for NH₄⁺-N, B₂ NO₃⁻-N, and B₃ CONH₂-N. The same below.

表 4 不同种植模式对马铃薯品质的影响
Table 4 Effect of different cropping patterns on potato quality

项目 Item	粗蛋白 (g/kg) Crude protein	淀粉 (%) Starch	还原糖 (%) Reducing sugar	每 100 克鲜薯 Vc 含量 (mg) Vc content per 100 g fresh tuber	干物质 (%) Dry matter
A ₁	94.38 b	71.30 a	0.274 a	29.09 b	22.59 a
A ₂	99.69 a	68.18 b	0.257 b	30.79 a	22.21 a
A ₃	99.83 a	67.47 b	0.241 c	31.11 a	21.93 a

表 5 不同氮肥形态对马铃薯品质的影响

Table 5 Effect of different N forms on potato quality

指标 Index	粗蛋白 (g / kg) Crude protein	淀粉 (%) Starch	还原糖 (%) Reducing sugar	每 100 克鲜薯 Vc 含量 (mg) Vc content per 100 g fresh tuber	干物质 (%) Dry matter
B ₁	102.78 a	67.00 c	0.233 c	32.99 a	22.23 a
B ₂	97.92 b	68.90 b	0.256 b	30.92 b	21.82 a
B ₃	93.20 c	72.05 a	0.283 a	27.08 c	22.68 a

注：还原性糖和 Vc 以鲜样计量，其他指标以干物计量。

Note: The measurement was expressed on the basis of fresh weight for reducing sugar and vitamin C, and on the basis of dry weight for others.

2.2.2 氮肥形态对威芋 3 号品质的影响

通过表 5 可看出，不同氮肥形态对马铃薯粗蛋白、淀粉、还原糖、Vc 含量存在极显著差异，粗蛋白含量以铵态氮肥含量最高，其次为硝态氮肥，酰胺态氮肥粗蛋白含量最低；淀粉含量以酰胺态氮肥含量最高，其次为硝态氮肥，铵态氮肥淀粉含量最低；还原糖含量以酰胺态氮肥最高，其次为硝态氮，铵态氮肥还原糖含量最低；Vc 含量以铵态氮肥最高，其次为硝态氮肥，酰胺态氮肥 Vc 含量最低。氮肥形态对马铃薯干物质含量影响差异不显著。说明铵态氮肥有利于马铃薯粗蛋白、Vc 含量的提高，能有效降低还原糖含量，但不利于淀粉的积累；酰胺态氮肥则相反，有利于淀粉的积累，但却不利于粗蛋白、Vc 的增加以及还原糖的减少。

2.2.3 种植模式与氮肥形态交互对马铃薯品质的影响

对粗蛋白、淀粉含量、还原糖进一步分析显示（图 2），9 个处理中，以薯豆铵态氮肥粗蛋白含量最高，单作酰胺态氮肥最低。9 个处理中，以单作酰胺态氮肥淀粉含量最高，而薯玉间作铵态氮肥淀粉含量最低。由于交互作用的存在，在不同间作模式中，淀粉含量的变化也不一致，在单作和薯豆间作中以酰胺态氮肥淀粉含量最高，而在薯玉间作中以硝态氮肥淀粉含量最高。9 个处理中以单作酰胺态氮肥还原糖含量最高，薯豆间作铵态氮肥还原糖含量最低。

2.3 种植模式和氮肥形态对马铃薯 N、P、K 吸收的影响

2.3.1 种植模式对威芋 3 号 N、P、K 吸收的影响

表 6 可见，对 N、K 的吸收都以薯豆间作最高，并与单作存在显著差异。薯玉间作与薯豆间作对 N 和 K 的吸收均达到显著差异，薯玉间作与单作之间无差异。薯玉间作对钾的吸收最低，但单作

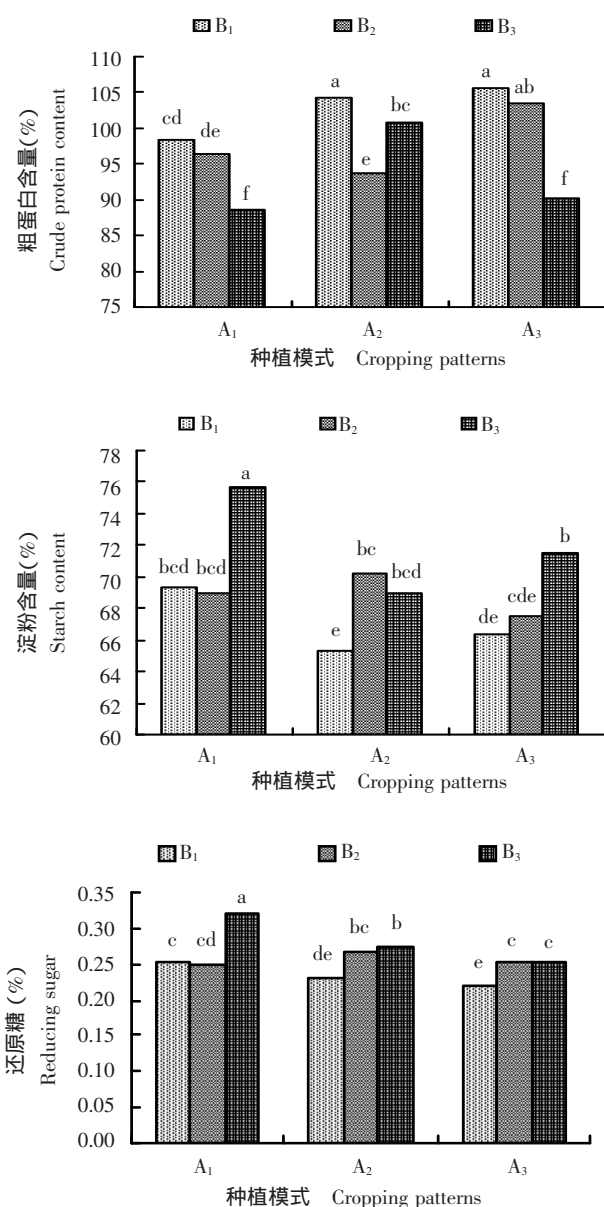


图 2 间作模式与氮肥形态交互对马铃薯品质的影响
Figure 2 Effect of the interactions of cropping patterns with nitrogen forms on quality of potato

表 6 不同间作模式对马铃薯养分含量的影响(g / kg)

Table 6 Effect of different cropping patterns on nutrient content of potato

处理 Treatment	N	P	K
A ₁	3.231 b	0.429 a	2.893 b
A ₂	3.250 b	0.413 a	2.830 b
A ₃	3.636 a	0.486 a	3.117 a

注：以干重计，下同。
Note: Data was based on dry weight. The same below.

与薯玉间作对 K 的吸收无显著差异。间作模式对马铃薯 P 的吸收影响差异不显著。说明间作对马铃薯 N、K 的吸收有促进作用。

2.3.2 氮肥形态对威芋 3 号 N、P、K 吸收的影响

表 7 可见，不同氮肥形态对 N、P、K 的吸收存在显著差异，其中对 N、K 吸收影响一致，以铵态氮肥 N、K 吸收量最高，其次为酰胺态氮，硝态氮肥最低。对磷肥的吸收以铵态氮肥最高，显著高于硝态氮肥和酰胺态氮肥，其次为硝态氮肥，显著高于酰胺态氮肥。

表 7 不同氮肥形态对马铃薯养分含量的影响(g / kg)

Table 7 Effect of different N forms on nutrient content of potato

处理 Treatment	N	P	K
B ₁	3.734 a	0.509 a	3.258 a
B ₂	3.062 c	0.447 b	2.644 c
B ₃	3.322 b	0.373 c	2.937 b

2.3.2 种植模式和氮肥形态互作作用对威芋 3 号 N、P、K 吸收的影响

从表 8 可以看出，间作模式与氮肥形态间作对马铃薯 N、K 的吸收有互作效应，其 F 值大于 $F_{0.05}$ 。对 P 吸收的互作值小于 $F_{0.05}$ ，说明间作模式与氮肥形态互作对马铃薯 P 的吸收差异不显著。因此需对 N、K 含量进行进一步分析。对 N 的吸收，进一步分析结果显示(图3)，9 个处理中，以薯豆间作铵态

表 8 种植模式与氮肥形态互作养分吸收 F 值

Table 8 F value of the interactions of cropping patterns with N forms on nutrient content of potato

指标 Index	N	P	K
(A×B) F	11.600*	1.043	27.223*

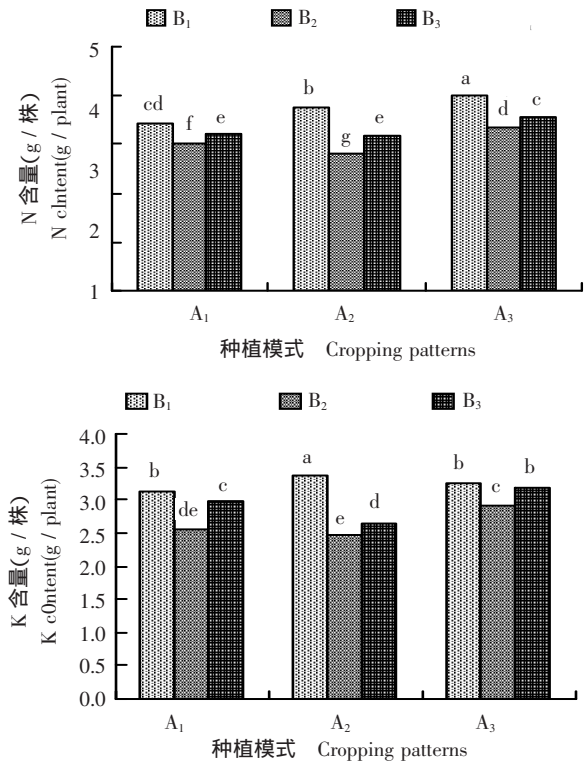


图 3 间作模式与氮肥形态互作对威芋 3 号 N、K 含量的影响

Figure 3 Effect of the interactions of cropping patterns with N forms on nutrient content in potato

氮肥 N 含量最高，而薯玉间作硝态氮肥 N 含量最低。对 K 的吸收，9 个处理中以薯玉铵态氮肥单株 K 含量最高，薯玉间作硝态氮肥单株 K 含量最低。

3 讨论

在本试验条件下薯玉和薯豆两种间作模式对马铃薯产量、品质影响各异。间作能显著增加马铃薯产量，以薯豆间作马铃薯产量最高，比单作和薯玉间作分别增产 17.2%、5.8%，并显著提高薯块粗蛋白和单株含氮量，但使淀粉含量有所降低。马铃薯与玉米、马铃薯与芸豆间作充分利用了间套作的优势，特别是马铃薯与芸豆间作，马铃薯产量最高，原因可能是所选芸豆为矮秆作物，生育期比马铃薯短，在前期，马铃薯未受到遮光的影响，再加上芸豆为固氮作物，更好地为马铃薯高产提供了 N 素营养。但马铃薯与芸豆间作增产还有待进一步的研究。

氮肥形态显著影响不同间作模式下马铃薯产量、品质、N、P、K 吸收。与硝态氮肥相比较，铵态氮肥、酰胺态氮肥显著提高马铃薯产量(分别增产 15.73%、13.49%)；与其他两种形态氮肥相

比, 铵态氮肥显著提高了薯块的粗蛋白、Vc 含量、植株 N、P、K 含量, 降低了还原糖, 但淀粉含量也有所下降。张美琴^[10]的研究结果表明, 硝态氮肥马铃薯产量高于铵态氮肥, 这可能是因为硝态氮在土壤中易流失, 肥料利用率较低有较大的关系, 当然, 也可能与肥料品种有关, 本试验中硝态氮肥使用的是硝酸钠, 可能钠离子阻碍了其他金属离子的吸收, 从而导致使用硝态氮肥的马铃薯产量不高。铵态氮肥有利于氮、钾营养的吸收, 马铃薯单株含氮、钾量以铵态氮肥最高; 这与陈小琴等^[11]在水稻上的研究结果一致, 其结果表明: 铵态氮在水稻整个营养期更有利于水稻对养分的吸收。

氮肥形态与间作对马铃薯粗蛋白、淀粉、还原糖、产量、单株 NK 含量有显著的交互效应。在间作时施用铵态氮肥显著增加马铃薯产量, 其中以薯豆铵态氮肥产量最高, 其次为薯豆酰胺态氮。间作在施用铵态氮肥的情况下显著增加了粗蛋白含量, 间作在施用酰胺态氮肥时, 显著减少了淀粉含量, 间作在施用硝态氮肥时增加了还原糖的含量, 而在施用酰胺态氮时则减少了还原糖的含量。间作与铵态氮肥互作显著增加了马铃薯的单株含氮、钾量,

说明间作与铵态氮肥互作有利于马铃薯对氮、钾营养的吸收, 薯豆间作与硝态氮、酰胺态氮互作也有利于马铃薯对氮、钾营养的吸收。

[参 考 文 献]

- [1] 杨昌达, 陈德寿, 杨力, 等. 关于贵州马铃薯种植区划和品种布局的几个问题[J]. 耕作与栽培, 2008(3): 48-50.
- [2] 何庆才, 谢定敏, 范士杰, 等. 贵州马铃薯生产现状研究与对策分析[J]. 种子, 2003(5): 95-97.
- [3] 李榜江. 贵阳地区马铃薯与芸豆间作模式研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2007.
- [4] 王文秀, 聂宗顺, 成马丽. 毕节地区马铃薯不同间套作栽培技术模式[J]. 中国马铃薯, 2004, 18(3): 157-158.
- [5] 周训宪, 葛雁, 唐义, 等. 马铃薯与紧凑型玉米不同套作方式对马铃薯产量的影响[J]. 耕作与栽培, 2006(4): 39.
- [6] 葛雁, 周训宪, 唐义, 等. 马铃薯与紧凑型玉米不同套作带距对马铃薯产量的影响[J]. 耕作与栽培, 2007(3): 46.
- [7] 张永成, 田丰. 马铃薯试验研究方法[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2007.
- [8] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [9] 鲁如坤. 土壤农化分析[M]. 北京: 农业出版社, 2000.
- [10] 张美琴. 氮肥形态与马铃薯品质的关系[D]. 呼和浩特市: 内蒙古农业大学, 2008.
- [11] 陈小琴, 周建民, 王火焰, 等. 氮肥形态及钾肥施用措施对水稻生长和养分吸收的影响[J]. 中国农学通报, 2007, 23(6): 376-382.

关于征集 2011 年中国马铃薯大会会议论文的通知

为落实 2010 年中国作物学会马铃薯专业委员会学术年会会议纪要精神, 马铃薯专业委员会决定于 2011 年 7 月在宁夏回族自治区银川市召开 2011 年中国马铃薯大会, 会议主题为——马铃薯产业与科技扶贫。为保证这次会议论文的正常出版, 现提前征集, 望广大马铃薯工作者相互转告。具体要求如下:

1. 论文必须是反映近年来各地(单位)科研、生产、开发等方面的成果、信息, 内容要新颖, 文字简练, 论点明确, 书写规范, 数据可靠, 图表清晰, 标点正确。
2. 综述学术及试验性论文一般不超过 6000 字(含图表), 一般性论文(如栽培技术、产业开发、经验交流、品种介绍、病害防治等)要求在 3000 字左右, 均包括题目、作者姓名、工作单位、地址、邮编、中文摘要、关键词、正文、参考文献等。
3. 论文来稿请注明第一作者简介, 包括性别、出生年、职务职称、从事工作或研究方向等, 还请在首页地脚处注明资助该论文的各种基金、课题项目名称及编号, 同时提供联系电话。
4. 论文来稿需提供电子版文档, 并注明“2011 年年会论文”字样。

投稿邮箱: china-potato@163.com

地 址: 哈尔滨市东北农业大学《中国马铃薯》编辑部(150030)

联系电话: 0451-55190003

中国作物学会马铃薯专业委员会