

中图分类号: S532 文献标识码: B 文章编号: 1672-3635(2016)03-0164-05

新型肥料增效剂对马铃薯肥料减施增效作用研究

董彦旭^{1,2}, 蔡冬清³, 黄新异⁴, 赵盼^{1,2}, 陈延⁵, 仲乃琴^{1,2*}

(1. 中国科学院微生物研究所, 北京 100101; 2. 植物基因组学国家重点实验室, 北京 100101; 3. 中国科学院合肥物质科学研究院, 安徽 合肥 230031; 4. 中国科学院兰州化学物理研究所, 甘肃 兰州 730000; 5. 宁夏回族自治区农业综合开发办公室, 宁夏 银川 750000)

摘要: 为建立合理的马铃薯施肥方式、提高肥料施用效率, 采用田间小区试验, 研究自主研发的新型肥料增效剂对马铃薯肥料的减施增效作用。结果表明, 在施肥量相同的条件下, 添加不同比例的增效剂均可以提高马铃薯产量, 其中添加10%增效剂时, 马铃薯增产幅度可达14.12%。在施用10%增效剂的情况下, 减少10%肥料施用量, 马铃薯产量增加3.98%; 减少20%肥料施用量, 马铃薯产量基本和对照持平, 表明新型肥料增效剂可以有效提高马铃薯产量和减少肥料的施用量。同时, 施用增效剂还可以增加土壤中氮、磷、钾和有机质含量, 并提高马铃薯的品质。

关键词: 肥料增效剂; 马铃薯; 肥料利用率; 产量

Novel Fertilizer Synergist on Saving Fertilizer and Improving Fertilizer Efficiency

DONG Yanxu^{1,2}, CAI Dongqing³, HUANG Xinyi⁴, ZHAO Pan^{1,2}, CHEN Yan⁵, ZHONG Naiqin^{1,2*}

(1. Institute of Microbiology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2. State Key Laboratory of Plant Genomics, Beijing 100101, China; 3. Hefei Institute of Physical Science, Chinese Academy of Sciences, Hefei, Anhui 230031, China; 4. Lanzhou Institute of Chemical Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, Gansu 730000, China; 5. Ningxia Agricultural Comprehensive Development Office, Yinchuan, Ningxia 750000, China)

Abstract: Field experiments were conducted to investigate the effects of a self-developed novel environmentally friendly fertilizer synergist (FS) on saving fertilizer and improving fertilizer use efficiency in order to establish a reasonable potato fertilization method and improve the efficiency of fertilizer application. The results showed that on the conditions of equal nutrient input, adding different proportions of FS improved the potato yield. The yield was increased by 14.12% when adding 10% FS to the fertilizer. In addition, on the conditions of adding 10% FS to the fertilizer amount reduced by 10%, the potato yield still increased by 3.98% compared with the control. And the potato yield remained almost the same compared with control when 20% fertilizer was saved. These results indicated that FS effectively increased the potato yield and decreased fertilizer usage. Meanwhile, using FS also increased N, P, K and organic matter content in soil and improved the quality of potato.

Key Words: fertilizer synergist; potato; fertilizer use efficiency; yield

收稿日期: 2016-03-03

基金项目: 中国科学院科技服务网络计划(KFJ-EW-STS-067)。

作者简介: 董彦旭(1984-), 男, 硕士, 农艺师, 从事马铃薯化肥农药减施增效技术集成与示范。

*通信作者(Corresponding author): 仲乃琴, 正高级工程师, 主要从事马铃薯化肥农药减施增效技术研发、集成与示范, E-mail: nqzhong@im.ac.cn。

中国是世界上最大的马铃薯种植和生产国家, 种植面积和产量均居世界首位^[1]。马铃薯为解决中国的粮食供给和提高人民的生活水平发挥了巨大的作用^[2]。为了提高马铃薯的产量, 种植者经常超量使用肥料, 因此引起的环境污染和资源浪费问题非常严重^[3,4]。目前中国马铃薯种植中肥料的利用效率低于发达国家, 如何提高马铃薯种植中的肥料利用率, 增强马铃薯对肥料的吸收利用, 从而提高产量是当前马铃薯种植中亟待解决的问题^[5]。使用肥料增效剂, 通过物理或者化学的方法抑制肥料的流失或者降解, 可以达到肥料缓释增效的效果, 是提高肥料利用率的有效途径, 也是近年来肥料研究中的热点之一^[6-8]。为了发展低成本、高效、实用的肥料减施增效技术以及高产高效的马铃薯栽培技术, 本研究在宁夏地区进行了自主研发的新型肥料增效剂减施增效示范试验, 研究其在宁夏地区马铃薯上的施用效果, 为建立合理的马铃薯施肥方式、提高肥料施用效率、制备新型肥料、保证农业可持续发展提供理论依据和实践指导。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于宁夏银川市平吉堡镇, 属中温带干旱区, 大陆性气候特征明显, 干旱少雨, 蒸发强烈, 光照充足, 多风。该地海拔1 085~1 089 m, 无霜期160~181 d, 正常年份降雨量170 mm。土壤主要为灰钙土、灌淤土, 土壤墒情较好, 有机质含量较高, 排灌方便。前茬作物为玉米。

1.2 试验材料

1.2.1 供试品种

马铃薯品种选用‘费乌瑞它’一级种薯。

1.2.2 供试肥料及用量

贵州开磷集团生产的高塔硝硫基复合肥(N:P₂O₅:K₂O = 16:8:21), 常规施肥用量为750 kg/hm²。

1.2.3 新型肥料增效剂

由中国科学院微生物研究所自主研制新型肥料增效剂, 是利用微生物代谢产物复配改性天然纳米材料而成, 是一种具有三维微纳网络结构的复合生物纳米材料, 增效剂可以有效控制氮素在

土壤中转化和迁移, 减少流失, 从而提高肥料利用率, 降低肥料用量, 促进作物生长。

1.3 试验设计

1.3.1 新型肥料增效剂对马铃薯产量的影响

试验采用随机区组设计, 小区面积667 m², 3个重复, 用田埂隔开, 用随机区组设计分别进行新型肥料增效剂梯度应用试验和梯度减肥试验。其中梯度应用试验设3个处理, 分别是处理a: 增效剂施用肥料量的10% + 等养分施肥(增效剂75 kg/hm² + 复合肥750 kg/hm²); 处理b: 增效剂施用肥料量的7% + 等养分施肥(增效剂52.5 kg/hm² + 复合肥750 kg/hm²); 处理c: 增效剂施用肥料量的4% + 等养分施肥(增效剂30 kg/hm² + 复合肥750 kg/hm²)。增效剂梯度减肥试验设2个处理, 分别是处理A: 10%肥料增效剂 + 减肥10%(增效剂67.5 kg/hm² + 复合肥675 kg/hm²); 处理B: 10%肥料增效剂 + 减肥20%(增效剂60 kg/hm² + 复合肥600 kg/hm²)。另外试验设对照处理1个(CK), 为常规施肥(复合肥750 kg/hm²)。

1.3.2 新型肥料增效剂对土壤养分和马铃薯品质的影响

为检测新型肥料增效剂对土壤养分和马铃薯品质的影响, 对试验1.3.1中处理a与对照处理中的土壤和收获后的马铃薯块茎进行随机取样, 然后混合, 对土壤进行养分测定, 对马铃薯进行品质测定。

1.4 试验方法

实行深松整地, 采用机械联合整地, 使深松深度达到40 cm, 打破了原有的波状犁底层, 将田块整地翻耕、耙平, 起到保墒的作用并达到待播种状态。将种薯挑选分级, 50 g以下小种薯整薯播种, 大种薯依大小切块, 每个切块重45~50 g, 保留1个以上健壮芽或芽眼。种薯用72%的克露可溶性粉剂800倍浸泡15 min进行消毒, 然后晾干播种。种肥施用贵州开磷集团复合肥, 新型肥料增效剂按照试验设计用量掺混于该复合肥中, 一同深施于耕层内, 2015年5月1日播种, 播深8~10 cm, 各处理生长期间栽培管理均与对照相同。6月4日出苗, 9月15日茎秆枯萎, 9月24日收获。收获时各小区单独计产。

2 结果与分析

2.1 新型肥料增效剂梯度应用试验

小区新型肥料增效剂梯度应用试验测产数据和差异显著性分析结果如表1所示，与常规施肥不添加新型肥料增效剂的对照相比，添加新型肥料增效剂4%，增产4.97%；添加新型肥料增效剂7%，增产5.37%；添加新型肥料增效剂10%，增产

14.12%。试验结果表明不同用量的新型肥料增效剂均可起到增产效果，并且马铃薯增产幅度与增效剂添加量呈现良好的正相关性。对试验各处理的马铃薯产量进行显著性分析，处理a(添加10%新型肥料增效剂)、处理b(添加7%新型肥料增效剂)和处理c(添加4%新型肥料增效剂)与对照比较差异均极显著，而处理b(添加7%新型肥料增效剂)和处理c(添加4%新型肥料增效剂)比较差异不显著。

表1 新型肥料增效剂梯度试验马铃薯产量结果
Table 1 Potato yield results of fertilizer synergist gradient experiment

处理 Treatment	产量(kg/667m ²) Plot yield			平均产量 (kg/667m ²) Average yield	折合产量 (kg/hm ²) Equivalent yield (kg/ha)	较CK 增产(%) Compared to CK	增效剂用量 (kg/hm ²) Amount of fertilizer synergist (kg/ha)	差异显著性 Difference significant	
	重复 I Replication I	重复 II Replication II	重复 III Replication III					0.05	0.01
增效剂10%+等养分施肥(a) 10% fertilizer synergist + Conventional fertilization	4 274.9	4 259.0	4 209.0	4 247.6	63 714	14.12	75	a	A
增效剂7%+等养分施肥(b) 7% fertilizer synergist + Conventional fertilization	3 911.0	3 901.0	3 954.0	3 922.0	58 830	5.37	52.5	b	B
增效剂4%+等养分施肥(c) 4% fertilizer synergist + Conventional fertilization	3 917.6	3 967.0	3 837.0	3 907.2	58 608	4.97	30	b	B
常规施肥(CK) Conventional fertilization	3 721.6	3 709.0	3 736.0	3 722.2	55 833	—	0	c	C

注：采用新复极差法进行多重比较，不同小写字母表示在0.05水平下差异显著，不同大写字母表示在0.01水平下差异显著。下同。

Note: Means in column are separated by Duncan's multiple range test. Small and capital letters indicate significance at 0.05 and 0.01 levels of probability, respectively. The same below.

2.2 新型肥料增效剂梯度减肥试验

小区新型肥料增效剂减肥试验结果表明，施用新型肥料增效剂后，在肥料用量减少的情况下，马铃薯前期长势较对照略差，生长后期长势与对照接近。试验测产数据和差异显著性分析结果如表2所示，在施用10%新型肥料增效剂条件下，与对照比较在减少肥料施用量10%的情况下马铃薯产量仍可增产3.98%；在减少肥料施用20%的情况下，马铃

薯产量基本和对照持平。表明该新型肥料增效剂具有良好的减少肥料施用，提高肥料利用率的效果。对试验各处理的马铃薯产量进行显著性分析，处理A(减少10%肥料施用量)与对照比较差异显著；而处理B(减少20%肥料施用量)与对照比较差异不显著。

2.3 新型肥料增效剂对土壤养分的影响

表3为新型肥料增效剂对土壤养分的影响。对比试验对照和使用新型肥料增效剂后的土壤养

表2 新型肥料增效剂减施试验马铃薯产量结果

Table 2 Potato yield results of fertilizer synergist saving fertilizer experiment

处理 Treatment	产量(kg/667m ²)			平均产量 (kg/667m ²) Average yield	折合产量 (kg/hm ²) Equivalent yield (kg/ha)	较CK 增产 (%) Compared to CK	化肥施用(kg/hm ²) Amount of fertilizer (kg/ha)	差异显著性	
	Plot yield							0.05	0.01
	重复 I	重复 II	重复 III						
	Replication I	Replication II	Replication III						
10%肥料增效剂 + 减肥 10%(A) 10% fertilizer synergist + 10% fertilizer reduction	3 849.6	3 863.0	3 898.0	3 870.2	58 053	3.98	675	a	A
常规施肥(CK) Conventional fertilization	3 721.6	3 709.0	3 736.0	3 722.2	55 833	—	750	b	A
10%肥料增效剂 + 减肥 20%(B) 10% fertilizer synergist + 20% fertilizer reduction	3 660.0	3 629.0	3 811.0	3 700.0	55 500	−0.60	600	b	A

表3 新型肥料增效剂对土壤养分的影响

Table 3 Results of soil nutrients after fertilizer synergist treatment

处理 Treatment	pH	有效磷(mg/kg) Available phosphorus	有机质(g/kg) Organic matter	全氮(g/kg) Total nitrogen	碱解氮(mg/kg) Available nitrogen	有效钾(mg/kg) Available potassium
对照 Control	6.11	63.9	18.27	1.33	100.3	52.1
肥料增效剂 Fertilizer synergist	6.42	102.7	21.10	1.20	114.2	66.4

分析结果表明，新型肥料增效剂可以有效提高土壤碱解氮、有效磷、有效钾和有机质含量，说明新型肥料增效剂具有较强的保肥能力，能够将更多的肥料养分保持在耕作层，减少了肥料的流失，从而有利于作物的吸收，提高肥料利用效率。这可能是因为新型肥料增效剂增加了土壤中有益菌的数量，加速了秸秆降解，提高了有机质含量，由于秸秆降解消耗了大量氮素，同时新型肥料增效剂促进了作物对氮素的吸收，从而使土壤全氮降低。有机质的矿化作用加上新型肥料增效剂的保肥作用使土壤中碱解氮、有效钾和有效磷含量增加。

2.4 新型肥料增效剂对马铃薯品质的影响

表4测定了应用新型肥料增效剂对马铃薯营养品质的影响，结果表明，与对照相比，应用增效剂后，马铃薯淀粉含量略微降低，降低幅度1.6%；干物质含量没有变化；蛋白质、还原糖和维生素C含

量较对照均有增加，增加幅度5.0%~13.2%。专业加工品种要求薯块中还原糖含量不能过高，但对鲜食品种，还原糖含量对品质影响不大。本次测定应用马铃薯品种‘费乌瑞它’为鲜食品种，还原糖含量的上升不会对其鲜食性造成显著影响。后续试验将会测定更多的品种，包括鲜食品种和加工品种，继续研究新型肥料增效剂对马铃薯还原糖含量的影响。仅就维生素C含量提高量来看，使用自主研发的新型肥料增效剂可以有效地提高马铃薯的营养品质。

3 讨论

肥料，特别是氮、磷、钾肥在马铃薯的生长发育过程中起着重要作用，是影响马铃薯产量的重要因素之一^[9]。但是持续超量的施用化肥，导致肥料利用率低，大量养分元素流失进入环境，造成生态环境污染^[7]。研究表明使用肥料增效剂可以有效减

表4 新型肥料增效剂对马铃薯品质的影响
表4 Effects of fertilizer synergist on potato nutrients

项目 Item	对照(CK) Control	肥料增效剂处理 Fertilizer synergist	变化率(%) Percentage of change
蛋白质(%) Protein	2.18	2.29	5.0
淀粉(%) Starch	14.05	13.82	-1.6
干物质(%) Dry matter	21.59	21.59	0
还原糖(%) Reducing sugar	0.53	0.6	13.2
维生素C(mg/kg) Vitamin C	153.6	169.6	10.4

少肥料的流失^[10]。试验中所用新型肥料增效剂是利用微生物代谢产物复配改性天然纳米材料而得到的,是一种具有三维微纳网络结构的复合生物纳米材料,与肥料混合施用后,新型肥料增效剂分子的微纳网络结构可以将肥料分子固定于结构中,降低肥料分子的迁移速度,有效减少肥料的转化和流失,从而提高肥料利用率,降低肥料用量,促进作物生长,提高作物产量。

试验结果表明,施用新型肥料增效剂后,在减少肥料施用量10%的情况下马铃薯产量仍可增产3.98%;在减少肥料施用量20%的情况下马铃薯产量基本和对照持平。在与对照等量施肥条件下,处理中添加肥料施用量10%的新型肥料增效剂后,增产7 881 kg/hm²,增产率达14.12%,增产效果极显著。同时该增效剂还能在一定程度提高马铃薯的营养品质,增加马铃薯中蛋白质和维生素C的含量。因此,该新型肥料增效剂能够有效提高肥料利用率和马铃薯产量,实现马铃薯肥料减施增效和提高产量的目标。

[参 考 文 献]

[1] 李芳蓉,韩黎明,王英,等.马铃薯渣综合利用研究现状及发展

趋势[J].中国马铃薯,2015,29(3):175-181.

- [2] 杨帅,闵凡祥,高云飞,等.新世纪中国马铃薯产业发展现状及存在问题[J].中国马铃薯,2014,28(5):311-316.
- [3] 张维理,徐爱国,张认连,等.中国耕地保育技术创新不足已危及粮食安全与环境安全[J].中国农业科学,2015,48(12):2374-2378.
- [4] 李鸣凤,王清林,鲁明星,等.有机水溶肥料与无机肥料配施对马铃薯产量、养分吸收和品质的影响[J].中国马铃薯,2014,28(6):340-347.
- [5] 张钟,张艳军,杨绍聪,等.星云湖径流区马铃薯控肥技术对产量及肥料利用率的影响[J].中国农学通报,2015,31(33):133-140.
- [6] 陈效杰,丁俊杰,蒋和,等.肥料增效剂对脱毒马铃薯作用效果研究[J].中国农学通报,2009,25(11):106-107.
- [7] 陈雷,李江,张若木,等.肥料增效剂在烟草减量施肥中的应用效果[J].湖南农业科学,2015(2):45-47.
- [8] 乔红进,暴晓琳,贾天清,等.硝酸磷钾添加肥料增效剂在茄子上的增产效果分析[J].农业技术与装备,2015(8):4-6.
- [9] 段玉,妥德宝,赵沛义,等.马铃薯施肥肥效及养分利用率的研究[J].中国马铃薯,2008,22(4):197-200.
- [10] 杨勇,蒋宏芳,荣湘民,等.不同肥料增效剂在水稻上的应用效果研究[J].中国土壤与肥料,2015(5):83-87.