中图分类号: S532 文献标识码: B 文章编号: 1672-3635(2019)05-0290-06

肥料增效剂对马铃薯农艺性状及产质量影响

高海洋¹, 金光辉^{1*}, 张春雨¹, 刘喜才², 姜丽丽¹,
张桂芝¹, 刘淑娜¹, 李鑫¹, 王鹏程¹

(1. 黑龙江八一农垦大学农学院, 黑龙江 大庆 163319; 2. 黑龙江省农业科学院克山分院, 黑龙江 克山 161600)

摘要: 为探索马铃薯生产中使用肥料增效剂替代部分化肥施用量, 且不降低马铃薯产量和品质, 采用随机区组试验设计, 以马铃薯品种‘垦薯1号’为材料, 以减少10%化肥、添加相同量增效剂的不同施肥量为处理, 生产上常规施化肥40 kg/667m²为对照, 研究使用肥料增效剂替代10%化肥施用量对马铃薯株高、茎粗、主茎数、单株结薯数、大中薯率、产量、淀粉和干物质含量及淀粉粘度和糊化温度的影响。结果表明, 45 kg/667m²掺混肥与5 kg/667m²增效剂和36 kg/667m²掺混肥与4 kg/667m²增效剂在株高、主茎数、产量、糊化温度、峰值粘度和经济性状方面均高于掺混肥40 kg/667m², 且存在显著差异。其中45 kg/667m²掺混肥与5 kg/667m²肥料增效剂混施后较施用掺混肥40 kg/667m²提高马铃薯产量467 kg/667m², 经济效益增加428元/667m²。可见, 45 kg/667m²掺混肥与5 kg/667m²增效剂能够取得较好的产量和经济效益。

关键词: 马铃薯; 化肥增效剂; 农艺性状; 产质量

Effects of Fertilizer Synergist on Potato Agronomic Trait, Yield and Quality

GAO Haiyang¹, JIN Guanghui^{1*}, ZHANG Chunyu¹, LIU Xicai², JIANG Lili¹,
ZHANG Guizhi¹, LIU Shuna¹, LI Xin¹, WANG Pengcheng¹

(1. College of Agronomy, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing, Heilongjiang 163319, China;
2. Keshan Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Keshan, Heilongjiang 161600, China)

Abstract: The effects of 10% fertilizer reduction combined with addition of the same amount of synergist, as compared to conventional fertilizer application rate of 40 kg/667m², were studied on plant height, stem diameter, number of main stems per plant, number of tubers per plant, medium- and large-sized tuber percentage, yield, starch and dry matter content, starch viscosity and gelatinization temperature in a randomized complete block design using the variety 'Kenshu 1' as plant materials in order to explore the use of fertilizer synergist as a partial substitution for chemical fertilizer in potato production, and at the same time not to reduce the yields and qualities of potatoes. The plant height, main stem number, yield, gelatinization temperature, peak viscosity and economic characters of the 45 kg/667m² mixed fertilizer plus 5 kg/667m² fertilizer synergist and 36 kg/667m² mixed fertilizer plus 4 kg/667m² fertilizer synergist were all higher than those in the 40 kg/667m² mixed fertilizer, with the difference being significant. The treatment of 45 kg/667m² mixed fertilizer plus 5 kg/667m² fertilizer synergist increased the potato yield by 467 kg/667m² compared with the 40 kg/667m² mixed fertilizer, and the economic benefit increased by 428 Yuan/667m². These results indicate that 45 kg/667m² mixed fertilizer plus 5 kg/667m² fertilizer synergist could achieve better yield and economic benefits.

Key Words: potato; fertilizer synergist; agronomic trait; yield and quality

收稿日期: 2018-09-25

基金项目: “十三五”国家重点研发计划项目(2018YFD0200800706); 黑龙江省农垦总局重点科研计划项目(HNK135-02-08)。

作者简介: 高海洋(1991-), 男, 硕士研究生, 主要从事马铃薯栽培技术研究。

*通信作者(Corresponding author): 金光辉, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为马铃薯栽培与育种, E-mail: ghjin1122@163.com。

中国是化肥生产和使用大国, 化肥在促进粮食和农业生产发展中起了不可替代的作用。但是, 目前也存在化肥施用过量、盲目施用等问题, 造成成本增加和环境污染, 急需改进施肥方式, 提高肥料利用率, 减少不合理投入, 保障主要农产品的有效供给。马铃薯是一种优质的蔬菜和粮食兼用作物, 以其产量高、用途广、潜力大的优势在农业生产中占据着较为重要的位置^[1]。马铃薯富含淀粉、蛋白质和纤维素等, 鲜嫩的茎叶还可做饲料和绿肥用于肥料业^[2,3]。马铃薯可以缓解未来面临的粮食短缺与粮食安全问题, 在生产实际中具有重要意义。黑龙江省是马铃薯主产区, 土壤肥沃且生育期雨量充足, 全年日照时数长, 昼夜温差大, 利于马铃薯生长发育。同时, 马铃薯的种植有利于种植结构调整和轮作倒茬。黑龙江省马铃薯总产量和种植面积虽在全国前列, 但单产水平依然较低^[4]。

在马铃薯生长发育过程中, 受到很多条件制约, 其中土壤肥料养分的影响最为重要。马铃薯对营养元素的吸收与块茎的形成、膨大以及淀粉积累有显著关系^[5], 合理施肥利于马铃薯产量及品质的提高^[6]。马铃薯的产量除与不同品种、种薯品质、土壤养分状况、田间管理和气候条件有关^[7-11], 还与施肥数量及比例有很大关系。种植马铃薯时应按土壤养分状况所产生的供肥性能, 以及对目标产量的需求来确定马铃薯施肥量^[12]。目前, 试验研究表明肥料增效剂在降低化肥使用量上取得了一些成果^[13]。薛照文^[14]以常规施肥作对照研究了纳米碳肥料增效剂对秋马铃薯产量和经济效益的影响, 结果表明纳米碳肥料增效剂在秋马铃薯产量上表现出一定的增产效果, 增产0.76%~3.31%, 具有明显的节肥作用。

本文选用马铃薯新品种, 研究掺混肥与增效剂混施对马铃薯农艺性状及产质量的影响。对株高、茎粗、主茎数、单株结薯数、大中薯率、产量、干物质含量、淀粉含量、粘度和糊化温度以及效益进行分析, 筛选出最佳施肥方案, 为马铃薯合理施肥提供理论指导。

1 材料与amp;方法

1.1 供试材料

1.1.1 供试品种

‘垦薯1号’, 种薯级别为1级种, 种薯切成每

块40~50 g的薯块种植。种薯由黑龙江省二龙山农场提供。

1.1.2 供试肥料与增效剂

试验所用肥料为掺混肥, 氮磷钾比例为10:15:20, 来自大庆金辉农业科技开发有限公司; 环保肥料增效剂来自青岛新纳生物技术有限公司。

1.2 试验地点

试验设在黑龙江省荣军农场第二管理区, 属于寒温带大陆性季风半干旱气候区。春季风大、雨少、空气干燥, 温度变化剧烈; 夏季温热, 雨量较多, 降水集中; 秋季凉爽, 多晴朗天气, 昼夜温差较大; 冬季漫长, 寒冷少雪。土地以壤土为主。年平均气温0.5 ℃, 年平均有效积温2 305.9 ℃, 无霜期平均115 d, 初霜期出现在9月16日前后, 终霜期出现在5月23日左右, 年平均降水量490.0 mm, 年均日照2 593 h。土壤碱解氮、有效磷、速效钾含量分别为156.0, 26.1和202.0 mg/kg, 有机质含量为39.2 g/kg, pH 6.2。

1.3 试验设计

试验于2016年进行。采用随机区组试验设计, 以当地常规施肥量40 kg/667m²为对照。设3种不同施肥量(30, 40和50 kg/667m², 在不增加总施肥量的情况下, 减少10%肥料用量, 用10%的增效剂量替代)(表1), 共计4个处理。每个处理为4行区, 行长3 m, 行距0.7 m, 单行种植, 小区面积8.4 m², 3次重复。5月10日播种, 肥料作为底肥一次性施入, 其他田间管理同常规大田生产, 于9月15日收获。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 农艺性状测定

株高: 在马铃薯盛花期, 测量植株地上部分长度, 每个小区随机选取10株, 取其平均值。

茎粗: 在马铃薯盛花期, 测量植株最大茎粗, 每个小区随机选取10株, 取其平均值。

主茎数: 在马铃薯盛花期, 进行主茎数的测定, 每个小区随机选取10株, 取其平均值。

单株结薯数: 在马铃薯收获期, 测定单株结薯数, 每个小区随机选取10株, 取其平均值。

1.4.2 产量性状测定

大中薯率: 根据单个马铃薯重量的大小分为

表1 不同施肥量处理

Table 1 Treatments of different fertilizer application rates

处理 Treatment	类型 Type	施入量(掺混肥 + 增效剂)(kg/667m ²) Application rate (mixed fertilizer + synergist)
1	掺混肥	27 + 3
2	掺混肥	36 + 4
3	掺混肥	45 + 5
4(CK)	掺混肥(CK)	40 + 0

2个等级:小薯(0~75 g,含75 g)、大中薯(75 g以上)。收获时,每个处理随机选取10株,每个处理按照上述分级标准分级,分级后计算大中薯的个数及重量,得出大中薯所占比率,按每平米折算进行分析。

产量:在马铃薯收获期,收获中间2行(4.2 m²)进行测产。

1.4.3 质量性状测定

淀粉及干物质含量:在马铃薯收获后,随机选取2.5 kg的样品,用HD-W10A型淀粉测定仪测定淀粉及干物质含量。

淀粉粘度及糊化温度:参照侯蕾等^[15]的研究方法,对淀粉粘度及糊化温度进行测定。

1.5 数据处理

数据处理采用Excel 2003和SPSS 17.0统计分析软件处理,处理间平均值多重比较采用新复极差法。

2 结果与分析

2.1 肥料增效剂对马铃薯株高、茎粗及主茎数的影响

随着施肥量的增加,株高呈递增趋势,处理3达到最大值;处理2和处理3株高差异不显著,说明施肥量达到掺混肥与增效剂(36+4)kg/667m²时,继续增加施肥量对株高没有显著影响。在茎粗方面,处理3与对照差异较大,但并不显著。随着施肥量的增加,主茎数呈递增趋势,处理3达到最大值;处理2和处理3主茎数差异不显著,说明施肥量达到掺混肥与增效剂(36+4)kg/667m²时,继续增加施肥量对主茎数没有显著影响(表2)。

2.2 肥料增效剂对马铃薯单株结薯数的影响

随着施肥量的增加,单株结薯数呈递增趋势,处理3单株结束薯最多为11.13个,但各处理间差异均不显著(表3)。

表2 不同施肥量(加增效剂)对马铃薯株高、茎粗及主茎数的影响

Table 2 Effects of different fertilizer application rates (addition of synergist) on potato plant height, stem diameter and main stem numbers

处理 Treatment	株高(cm) Plant height	茎粗(mm) Stem diameter	主茎数(个/株) Main stem number (No./plant)
3	65.46 a	11.73 a	2.32 a
2	64.50 a	11.19 a	2.25 a
4(CK)	61.75 b	11.04 a	2.12 b
1	58.26 b	11.03 a	2.03 b

注:同一列中平均值后不同小写字母表示差异显著(P < 0.05),平均数比较采用新复极差法。下同。

Note: Means in the same column followed by different small letters indicate significant difference at 0.05 level of probability as tested by Duncan's multiple range test. The same below.

表3 不同施肥量(加增效剂)对马铃薯单株结薯数的影响

Table 3 Effects of different fertilizer application rates (addition of synergist) on potato tuber number per plant

处理 Treatment	单株结薯数(个/株) Tuber number per plant (No./plant)
3	11.13 a
2	10.73 a
4(CK)	10.27 a
1	9.63 a

表4 不同施肥量(加增效剂)对马铃薯大中薯率及产量影响

Table 4 Effects of different fertilizer application rates (addition of synergist) on large and medium-sized tuber percentage and yield

处理 Treatment	大中薯率(%) Large and medium-sized tuber percentage	产量(kg/4.2m ²) Yield	折合产量(kg/667m ²) Equivalent yield
3	63 a	15.37 a	2 441
2	60 a	14.20 a	2 254
4(CK)	59 a	12.43 b	1 974
1	53 a	11.26 b	1 788

表5 不同施肥量(加增效剂)对马铃薯淀粉含量和干物质含量影响

Table 5 Effects of different fertilizer application rates (addition of synergist) on starch and dry matter contents

处理 Treatment	淀粉含量(%) Starch content	干物质含量(%) Dry matter content
3	15.63 a	21.46 a
2	15.19 a	20.96 a
4(CK)	14.99 a	20.92 a
1	14.85 a	19.84 a

2.3 肥料增效剂对马铃薯大中薯率及产量的影响

随施用量的增加, 大中薯率呈现升高趋势, 但各处理间大中薯率没有显著差异, 表明增加施肥量与增效剂对马铃薯大中薯率没有影响。产量随施肥量的增加而增加, 处理3施肥量下产量表现最好, 为2 441 kg/667m²。处理3与对照相比, 马铃薯产量增加467 kg/667m²。在添加增效剂方面, 处理2与处理4(CK)相比差异显著, 产量增加280 kg/667m², 说明增效剂的使用对马铃薯产量影响较大(表4)。

2.4 肥料增效剂对马铃薯淀粉及干物质含量的影响

施肥量对马铃薯淀粉含量和干物质含量没有

显著影响, 但马铃薯淀粉含量和干物质含量随施肥量的增加均略呈增加趋势, 但处理间差异不显著(表5)。

2.5 肥料增效剂对粘度及糊化温度的影响

随施用量的增加, 糊化温度呈现递增趋势, 处理3的淀粉糊化温度达到最大值69.73℃, 与对照处理4具有显著差异, 但处理2与处理3相比, 添加增效剂对马铃薯淀粉糊化温度没有显著影响; 在淀粉峰值粘度方面, 处理2、3与处理4(CK)峰值粘度存在显著差异, 处理3淀粉峰值粘度达到最大值724.33 BU, 显著高于处理1和处理4(表6)。

表6 不同施肥量(加增效剂)对马铃薯糊化温度和峰值粘度影响

Table 6 Effects of different fertilizer application rates (addition of synergist) on potato gelatinization temperature and peak viscosity

处理 Treatment	糊化温度(°C) Gelatinization temperature	峰值粘度(BU) Peak viscosity
3	69.73 a	724.33 a
2	68.77 a	668.00 a
4(CK)	68.14 b	546.33 b
1	67.73 b	534.17 b

表7 不同施肥量(加增效剂)经济效益比较分析

Table 7 Comparative analysis of economic benefits of different fertilizer application rates (addition of synergist)

处理 Treatment	收益(元/667m ²) Income (Yuan/667m ²)	底肥费用(元/667m ²) Base fertilizer cost (Yuan/667m ²)	其他费用(元/667m ²) Other expense (Yuan/667m ²)	经济效益(元/667m ²) Economic benefit (Yuan/667m ²)
3	2 441	151	1 230	1 060 a
2	2 254	121	1 230	903 b
4(CK)	1 974	112	1 230	632 c
1	1 788	91	1 230	467 c

注: 马铃薯块茎单价1元/kg, 底肥中掺混肥单价2.8元/kg, 增效剂单价5元/kg。

Note: Potato tubers were marketed at 1 Yuan/kg. Mixed fertilizer was 2.8 Yuan/kg, and the unit price of synergist was 5 Yuan/kg.

2.6 肥料增效剂对马铃薯经济效益的影响

由表7可知, 随施肥量的增加, 经济效益呈现明显递增趋势, 处理3较处理4(CK)经济效益增加428元/667m², 经济效益表现最好; 在添加增效剂方面, 处理2与处理4(CK)相比, 经济效益差异显著, 增加271元/667m², 说明增效剂的使用对经济效益影响较大。

3 讨论

肥料增效剂之所以环保, 是因为添加利用的物质为天然或是植物源的, 其最大特点就是少量即可达到高效, 添加量在0.3%~3.0%。马铃薯施肥试验中已经开始了增效剂的相关研究, 如朱永永等^[16]对新型环保肥料增效剂在旱作马铃薯上的应用效果研究发现, 在旱作区添加10%的肥料增效剂能够提高马铃薯干物质质量、干物质积累速度、单株结薯数、单株薯重和大中薯率, 产量提高水平与对照相比差异显著。本试验中, 在马铃薯

薯株高、主茎数、单株结薯数等农艺性状方面, 增效剂产生积极影响, 研究结果表明增效剂能够促进马铃薯植株生长发育。董彦旭等^[17]针对新型肥料增效剂对马铃薯肥料减施增效作用展开研究, 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%总施肥量的增效剂时, 马铃薯增产幅度可达14.12%。本试验结论与董彦旭研究结果一致, 在总施肥量相同情况下, 以增效剂代替10%的总施肥量, 掺混肥+增效剂(36+4)kg/667m²较掺混肥40kg/667m²马铃薯增产280kg/667m², 增产幅度达14.18%。彭军等^[18]研究肥料增效剂对烟草经济性状的影响发现, 经济效益主要体现在试验处理产值减去对照处理产值, 其中减量10%复合肥处理, 产值提高1 026.75元/hm²; 减量20%复合肥, 产值提高1 748.7元/hm²。

目前中国肥料存在不科学施用等现象, 例如肥料配比与施肥量等不能根据作物需求而施用化

肥,造成肥料利用率低,环境污染,养肥不均衡而农作物产出低,经济效益不理想。在肥料合理配比施用情况下,如何提高肥料利用率,减少化肥施用量成为关键问题。根据化肥增效剂在玉米上的研究分析可知,增效剂具有反消化作用,施用增效剂可增加土壤中 NH_4^+-N 含量,降低 NO_3^--N 含量,能够抑制硝态氮的分解,供玉米均衡吸收和利用。

陈丹梅等^[19]研究发现,长期施用化肥,土壤板结,根系发育不良,肥料利用率降低。环保肥料增效剂不仅对肥料在较少施肥量、增加肥料利用率上有影响,对根际微生物菌群结构也有着重要地位。张国青等^[20]研究发现,环保肥料增效剂显著改善土壤真菌种群结构。

根据本试验和前人研究分析可知,在不影响作物正常生长发育时,肥料增效剂对降低肥料施用量,提高利用率,改善土壤理化性质及生物学特性上有着显著作用。另外,本试验只选用了掺混肥一种肥料类型,复合肥及水溶肥等其他不同肥料类型还有待研究。马铃薯为高产型作物,在块茎膨大期需肥量较大,常规生产上多进行后期追肥,以满足马铃薯后期生长发育需求。本试验仅研究了底肥与增效剂混施对马铃薯生长发育及产质量的影响,追肥与增效剂混施对马铃薯的作用有待研究。

试验得出,在减少化肥施用量的情况下,增效剂对马铃薯农艺性状具有良好作用,能够促进马铃薯生长发育,增加马铃薯种植经济效益,增效剂对减少化肥施用量起到良好效果。在总施肥量相同情况下,以增效剂代替10%的总施肥量,掺混肥+增效剂(36+4)kg/667m²较掺混肥40 kg/667m²马铃薯增产280 kg/667m²,增产幅度达14.18%,说明增效剂的使用对经济效益影响较大。同时明确了10%增效剂与45 kg/667m²掺混肥混施为马铃薯最佳施用量。

[参 考 文 献]

- [1] 高炳德. 马铃薯营养特性和施肥技术的研究[J]. 内蒙古农业大学学报:自然科学版, 1986(3): 143-144.
- [2] 门福义, 刘梦芸. 马铃薯栽培生理[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 102-110.
- [3] 官发珍, 关发斌. 马铃薯不同密度栽培初探[J]. 中国水果与蔬菜, 2008(2): 12-13.
- [4] 王珊珊, 王德勇. 黑龙江省马铃薯产业现状与发展对策[J]. 中国马铃薯, 2006, 20(4): 247-249.
- [5] 丁凡, 王季春, 唐道彬, 等. 不同营养方式下雾培对氮、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.
- [6] 刘向梅. 氮磷钾施用量及施用时期对马铃薯干物质和养分积累分配的影响[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2013.
- [7] 马光恕, 廉华, 林晓影, 等. 硫酸锰叶面喷施对马铃薯产量形成的影响[J]. 中国马铃薯, 2010, 24(4): 230-233.
- [8] 马光恕, 廉华, 王彦宏, 等. 硫酸锰浸种处理对马铃薯萌生效应的研究[J]. 安徽农业通报, 2010, 16(15): 69-70.
- [9] 申茂礼. 施用钾肥对马铃薯生理指标和产量品质的影响[D]. 西宁: 青海大学, 2013.
- [10] 郭恒. 山旱区全膜覆盖垄作马铃薯缓释氮肥施用效果研究[D]. 西宁: 青海大学, 2013.
- [11] 陈晨. 马铃薯不同施肥措施生理指标的研究[D]. 西宁: 青海大学, 2013.
- [12] 李明月. 氮肥管理对马铃薯块茎生长发育的影响[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2014.
- [13] 丁凡. 不同营养条件对雾培马铃薯生长发育的影响[D]. 重庆: 西南大学, 2007.
- [14] 薛照文. 纳米碳肥料增效剂在秋马铃薯上的应用试验[J]. 农业科技通讯, 2015(9): 104-106.
- [15] 侯蕾, 韩小贤, 郑学玲, 等. 不同种类淀粉理化性质的比较[J]. 粮食加工, 2015, 40(2): 32-37.
- [16] 朱永永, 岳云, 熊春蓉, 等. 新型环保肥料增效剂在旱作马铃薯上的应用效果[J]. 农业科技与信息, 2017(24): 69-71.
- [17] 董彦旭, 蔡冬清, 黄新异, 等. 新型肥料增效剂对马铃薯肥料减施增效作用研究[J]. 中国马铃薯, 2016, 30(3): 164-168.
- [18] 彭军, 赵龙杰, 谭敏, 等. 肥料增效剂对烤烟经济性状的影响[J]. 安徽农学通报, 2018, 24(Z1): 31, 40.
- [19] 陈丹梅, 段玉琪, 杨宇虹, 等. 长期施肥对植烟土壤养分及微生物群落结构的影响[J]. 中国农业科学, 2014, 47(17): 3424-3433.
- [20] 张国青, 赵盼, 董彦旭, 等. 高通量测序分析环保肥料增效剂对马铃薯根际土壤真菌多样性变化影响[J]. 微生物学通报, 2017, 44(11): 2644-2651.