

doi: 10.11838/sfsc.20160523

河北省山药产量及施肥现状分析

苗泽兰^{1,2}, 孙志梅^{1*}, 张新星^{1,2}, 刘欢^{1,2}, 王玉^{1,2}, 马文奇¹

(1. 河北农业大学资源与环境科学学院, 河北 保定 071001;

2. 河北省农田生态环境重点实验室, 河北 保定 071001)

摘要: 以河北省山药主产区为调研对象, 对山药施肥现状及存在问题进行了调研分析。结果表明: 河北省山药平均产量水平为 52.4 t/hm², 高产农户所占比例为 56.7%。总氮、磷、钾养分投入量分别为 884、759 和 943 kg/hm², 其中化肥氮、磷、钾养分投入量分别为 560、630 和 720 kg/hm²。根据养分分级等级进行评价, 农户化肥氮、磷、钾投入过量比例分别为 90.0%、98.3% 和 96.7%, 不足比例分别为 5.0%、0.0% 和 3.3%, 合理比例仅为 5.0%、1.7% 和 0.0%。因氮、磷、钾肥及有机肥的不合理施用导致的产量损失量, 占最高产量的比例分别为 2.63%、2.92%、4.34% 和 2.26%。

关键词: 山药; 产量; 施肥

中图分类号: S147.2; S632.1

文献标识码: A

文章编号: 1673-6257 (2016) 05-0138-06

施肥是保证蔬菜产量、改善品质的重要措施。但目前蔬菜生产中养分的投入水平普遍高于大田作物, 也远高于蔬菜作物本身对养分的需求^[1]。巨晓棠等^[2]研究发现, 我国农田过量施氮现象相当普遍, 特别是在蔬菜和果树等经济作物上。养分的过量投入不仅浪费大量资源, 影响作物产量, 降低经济效益, 同时破坏土壤生态环境, 直接影响了蔬菜产业的可持续发展^[3]。

山药为薯蓣科薯蓣属的块根类作物, 可药、食两用, 是良好的保健食品。近年来, 随着种植业结构的调整, 社会消费需求的增加, 以及较高经济利益的驱动, 人们种植山药的积极性和投入日益增加, 种植面积和范围也迅速扩大。地处冀中平原潞龙河流域两翼的蠡县、高阳、清苑、肃宁等地区山药产业发展迅速, 尤以山药发源地蠡县更为突出, 山药种植面积已超过 120 万 hm², 成为远近闻名的“中国山药之乡”^[4-5]。山药产量的形成受品种遗传特性、环境条件和栽培措施等因素的共同影响, 而在品种遗传特性较为优化的基础上, 环境条件和栽

培措施对山药产量的影响日益凸现。但由于农民普遍缺乏科学种植的理论知识和技术指导, 在经济利益的驱动下, 生产中盲目施肥的现象也日益严重^[6], 且养分投入比例极不协调, 不符合山药本身养分需求特性^[7]; 同时也未能很好地把握施肥时机, 无法达到定量、平衡施肥。由此引起的土壤养分失衡和土壤性质劣化问题, 已严重影响到了山药的品质及生产效益。

因此, 无论是从降低投入成本, 增加效益, 还是从保护环境可持续发展的角度, 调查与研究山药主产区的施肥状况及山药生长的需肥特性, 进而建立山药标准化施肥模式, 保证化肥的合理施用, 对山药的高产优质生产是十分必要的。前人关于山药的养生价值^[8]、机械化^[4]和品种^[9]等方面的研究较多, 在施肥研究方面也主要集中于具体的施肥技术研究, 而对山药的施肥现状及生产中存在的具体施肥问题等方面的研究较少。基于此, 本文以河北省山药主产区蠡县及其周边辐射区为调研区域, 对山药生产中肥料的施用与利用现状进行调研分析, 旨在揭示山药生产中养分管理方面的问题, 为促进山药产业的可持续健康发展, 提升产业化水平提供一定的理论依据和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 调研区域及生产特点

调研地点位于河北省山药主产区蠡县、高阳和

收稿日期: 2015-08-29; 最后修订日期: 2015-12-29

基金项目: 河北省科技支撑计划项目“山药高产高效绿色种植技术体系集成研究与示范”; 国家重点研发计划项目“新型复混肥料及水溶肥料研制”。

作者简介: 苗泽兰 (1990-), 女, 河北邯郸人, 硕士研究生, 主要从事植物营养与肥料研究。E-mail: miaozelan2011@sina.com。

通讯作者: 孙志梅, E-mail: sunzhm2002@163.com。

清苑, 随机调查 60 个种植大户的施肥与产量状况, 其中麻山药发源地保定蠡县的调查样本最多, 占 1/2 以上。山药于 4 月中下旬至 5 月初播种, 10 月中下旬到 11 月初收获。

1.2 调研方案

根据山药生产管理模式设计相应的可操作性强, 能反映实际生产情况的调查问卷; 根据山药的实际生产布局确定调研区域, 发放调查问卷。调研基于科学性和代表性原则, 根据生产中的实际布局, 在确保一定代表性和样本量的基础上, 灵活掌握和调整。调查内容主要包括农户基本情况、种植和施肥情况 (包括基追肥化肥和有机肥施用情况、施用时期、施肥量等)、产量以及农户对科学施肥知识的了解、掌握程度、技术需求等方面。

1.3 数据处理及统计分析方法

Datta 于 1981 年首次提出和使用了产量差的概念, 即农民实际收获的作物产量与试验站所获得的产量之间的差距, 并将造成产量差的因子称为产量限制因子^[10]。目前, 产量差一般被定义为作物可获得的潜在产量与实际产量之间的差距^[11]。不同学者对潜在产量的理解和界定不同, 基本可分为 3 类: (1) 模型模拟计算得到的作物潜在产量^[12]; (2) 田间试验获得的产量^[13]; (3) 在现有技术条件下农民所获得的最高产量^[14]。根据本文的研究目的及数据特征, 产量差定义为现有技术条件下农民所获得的最高产量与实际产量之差。

在此基础上引入边界线^[15]的研究方法, 定量每个因子造成的产量差, 以对限制山药产量的各肥料因素进行分析。如图 1 所示, 图中散点代表某种肥料施用量与产量的关系, 曲线表示在不同施肥量条件下农民可获得的边界产量线, 直线表示调查农户中获得的最高产量线。线段 a 即最高产量与边界产量之差, 表示该因子 (本文指化肥氮、磷、钾及

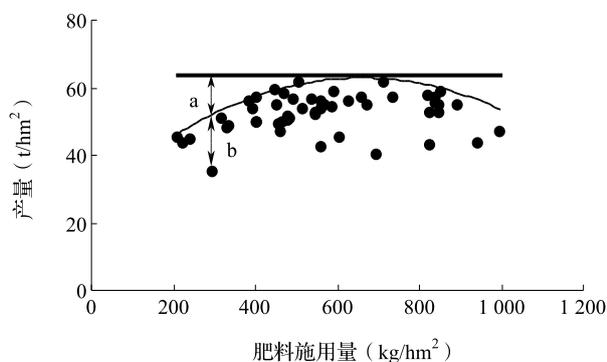


图 1 作物产量与限制因子之间的关系

有机肥) 对产量的影响; 线段 b 即边界产量与实际产量之差, 表示除该因子外其他因子 (如灌溉、病虫害、种子等) 对产量的综合影响。本文将肥料施用所造成的产量差转化为其所占最高产量的百分比, 即产量差比率, 以便于比较不同因子对产量的影响。

调研过程中氮、磷、钾养分含量按产品标注含量计算, 有机肥的氮、磷、钾养分含量参考《中国有机肥料养分志》提供的标准值计算^[16]。所有数据均用 Excel 和 SPSS 统计软件进行数据处理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 山药生产中的产量现状分析

目前山药主产区平均产量 (不分优劣) 为 (52.4 ± 5.1) t/hm²。根据对实际产量结果的调研分析和当地生产经验, 将山药产量分为 3 级, 由表 1 可见, 达到高产水平的农户占 56.7%, 中产农户占 33.3%, 低产农户仅占 10.0%。这说明, 按照农户习惯进行施肥, 有 50% 以上的农户均能达到高产水平。

表 1 山药产量分布

分级	分级指标 (t/hm ²)	样本数	所占比例 (%)
低产	<45.0	6	10.0
中产	45.0 ~ 52.5	20	33.3
高产	≥52.5	34	56.7

2.2 山药生产中的肥料投入现状分析

2.2.1 山药生产中的施肥总量分析

对山药生产中肥料施用量的调查结果表明 (表 2), 山药生产中施用有机肥的农户占到了 78%, 品种多为腐熟鸡粪。有机肥施用量在 0 ~ 42 t/hm² 之间, 平均为 14 t/hm²。肥料纯氮投入量在 209 ~ 1 978 kg/hm² 之间, 平均为 (884 ± 358) kg/hm², 其中化肥提供的氮变化在 209 ~ 1 071 kg/hm², 平均为 (560 ± 212) kg/hm², 占总氮投入量的 63.4%; 磷肥 (P₂O₅) 用量变化在 263 ~ 2 016 kg/hm², 平均为 (759 ± 325) kg/hm², 其中化肥提供的磷量为 225 ~ 1 626 kg/hm², 平均为 (630 ± 274) kg/hm², 占总磷肥投入量的 83.0%; 钾肥 (K₂O) 用量为 429 ~ 2 017 kg/hm², 平均为 (943 ± 324) kg/hm², 其中依靠化肥提供的钾量变幅为 188 ~ 1 341 kg/hm², 平均为 (720 ± 247) kg/hm², 占总

钾肥用量的 76.4%。结果说明, 当前山药的养分投入仍以化肥为主。由表 2 还可以看出, 化肥投入中, N:P₂O₅:K₂O 的平均比例为 1:1.13:1.26, 而山药对氮、磷、钾养分的需求比例为 N:P₂O₅:K₂O =

1:0.68:1.06^[7]。显然, 投入养分与山药对养分的需求明显不符, 氮、磷、钾养分失衡现象严重。

表 2 山药生产中的养分投入量 (kg/hm²)

指标	总用量			化肥			有机肥		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
最大值	1 978	2 016	2 017	1 071	1 626	1 341	983	391	676
最小值	209	263	429	209	225	188	0	0	0
平均值	884	759	943	560	630	720	324	129	223
标准差	358	325	324	212	274	247	261	104	180

2.2.2 山药施肥现状评价

由于有机肥中的养分只有经过微生物的分解矿化后才能被作物吸收利用^[17], 而且有机肥当季养分的矿化量受土壤环境条件、温度、水分等多方面的影响, 加之不同农户之间有机肥的腐熟程度不同, 其养分含量存在很大的不确定性, 因此本研究中对施肥现状的评价不考虑有机肥的投入。参考司焕森^[7]的研究, 山药的合理化肥用量分别为 N 270 ~ 330 kg/hm², P₂O₅ 180 ~ 225 kg/hm² 和 K₂O 285 ~ 345 kg/hm², 以此设为标准值, 将养分投入量定义为小于标准 50% 为“很低”, “合理”与“很低”之间为“偏低”, 大于标准 50% 为“很高”, “合理”与“很高”之间为“偏高”。根据这一分级标准, 将目前山药生产中的化肥养分投入量进行分级, 分级结果见表 3。

表 3 山药施肥量等级 (kg/hm²)

肥料种类	施肥量				
	很低	偏低	合理	偏高	很高
N	<135	135 ~ 270	270 ~ 330	330 ~ 495	>495
P ₂ O ₅	<90	90 ~ 180	180 ~ 225	225 ~ 337.5	>337.5
K ₂ O	<142.5	142.5 ~ 285	285 ~ 345	345 ~ 517.5	>517.5

根据表 3 的化肥养分投入等级, 对山药养分投入情况进行总体评价, 由图 2 可知, 氮肥投入合理与不足的农户极少, 两者均仅占 5.0%; 农户在施肥时大量投入磷肥, 达到合理投肥水平的农户仅占 1.7%, 不存在施肥不足的农户; 而对于农户更重视的钾肥投入, 投肥不足的比例仅为 3.3%, 其余均投

入过量; 在化肥施用中氮、磷、钾肥投入过量的农户所占比例极高, 分别高达 90.0%、98.3% 和 96.7%。说明在山药习惯施肥中氮、磷、钾养分投入量均很高, 尤其是磷肥的投入, 这必然会引起肥料的浪费, 投入成本的增加以及环境污染风险的提高。

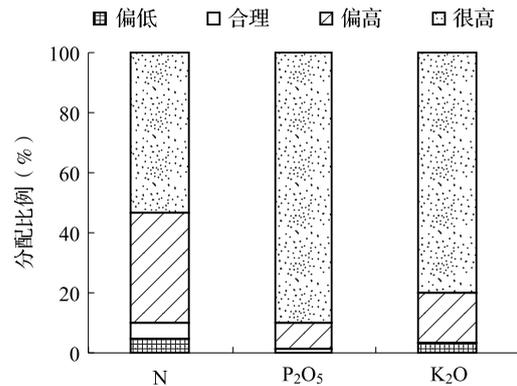


图 2 山药氮、磷、钾肥投入比例分布

2.3 施肥量与产量的相关性分析

对农户肥料投入量与山药产量间的关系进行相关分析, 图 3 结果表明, 随着化肥和有机肥投入量的增加, 产量并没有表现出明显的相关性。养分投入较高水平下, 部分农户山药产量水平也较高, 比如化学氮肥在 $\geq 1\ 000$ kg/hm² 时, 产量高达 54.0 t/hm², 但产投比显著下降。所占农户比例最大的施肥水平下, 化学肥料氮、磷和钾施用量范围分别为 400 ~ 500、500 ~ 600 和 600 ~ 700 kg/hm²; 有机肥料施用范围为 20 ~ 30 t/hm² 时, 产量也相对较高, 说明农户习惯施肥暂时也能够达到较高产量水平, 但肥料投入量远超作物本身的需求。

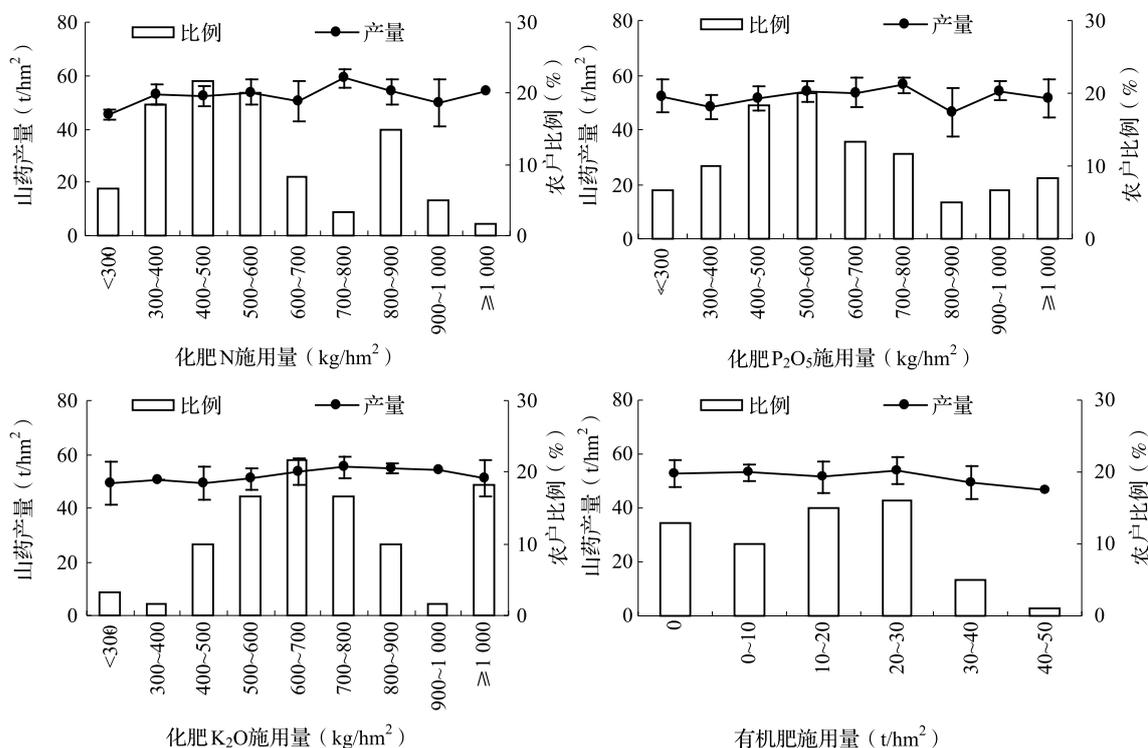


图3 化肥和有机肥不同投入水平下的农户比例和山药产量分布

2.4 山药产量限制因素分析

产量差比率主要反映了不同限制因子对作物产量的限制程度。图4分别为化肥氮、磷、钾及有机肥4个因子与产量间的相关关系，图中曲线为边界

线。结合图4统计农户中由于肥料投入不当所造成的产量差比率，结果见图5。可以看出，不同肥料在不同农户之间的产量差比率变化较大。氮肥的产量差比率变化范围为0%~20.7%，磷肥为0%~10.6%，

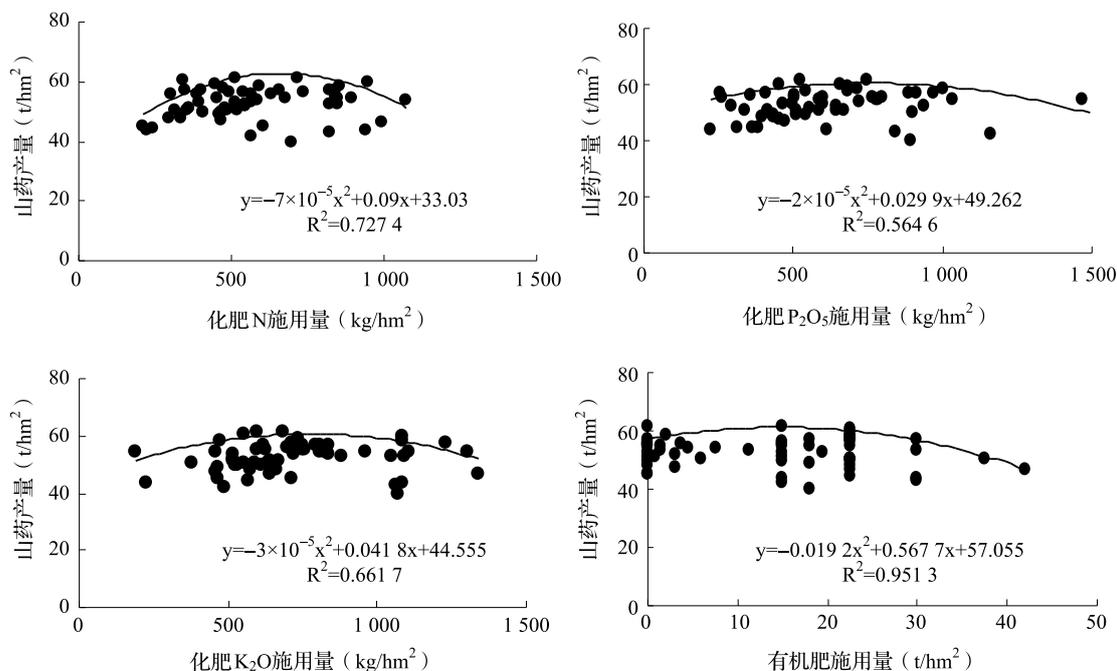


图4 山药产量与不同肥料因子间的关系

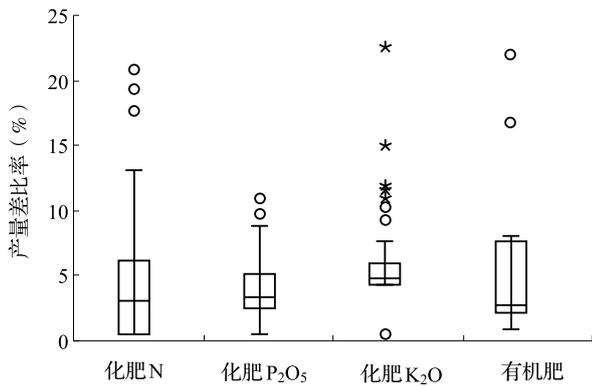


图5 不同肥料造成的产量差占最高产量的百分比

注：图中“○”表示温和的异常值，“*”表示极端的异常值。

钾肥为0%~24.1%，而有机肥在0%~23.5%之间。而在排除异常值的情况下，可以看出钾肥施用不当造成的产量差比率最大，主要集中在4.34%左右，而氮(2.63%)、磷(2.92%)和有机肥(2.26%)造成的产量差比率相近；并且氮肥和有机肥造成的产量差比率在农户之间差异较大，磷次之，而钾肥相对集中。这说明，在山药生产中，只考虑氮、磷、钾肥及有机肥的投入，而不考虑其他因素的前提下，钾肥的合理施用对产量的影响相对较大。

3 讨论

山药的产量受栽培措施、品种以及气候条件等多方面因素的影响。本调研结果表明，河北省山药主产区产量水平差别较大，产量变幅在39.8~61.5 t/hm²之间，平均为(52.4±5.1) t/hm²，达到高产水平的农户占56.7%，中产农户占33.3%，低产农户占10.0%。本调研不同产量水平的农户基本是在土壤肥力水平相当的条件种植山药，养分投入管理不当是造成产量水平差异的主要原因。

多年研究表明，农田长期大量施肥会引起土壤酸化、次生盐渍化，地下水、地表水污染，甚至对农产品产量和品质产生影响^[18]。在主产区山药生产中施肥过量问题非常突出，氮、磷、钾养分的平均投入量分别为884、759和943 kg/hm²，山药氮、磷、钾投入过量的比例分别为90.0%、98.3%和96.7%。与1985年氮、磷、钾养分投入水平(氮、磷、钾养分投入量分别为311、135和450 kg/hm²)相比^[19]，30年间氮、磷、钾肥投入量分别增加了2.8倍、5.6倍和2.1倍，已远远超出山药本身的养分需求，且养分投入比例极不协调。本研究结果表明，尽管该区山药产量在较高的水平下肥料用量

一直居高不下，但产量对施肥量的响应并不明显，原因一方面可能与适宜于山药生长的土壤均为砂土或砂壤土，该质地土壤保水保肥能力差，导致施入的养分淋溶损失量较高有关；另一方面可能与目前主栽山药品种的耐肥能力较强有关。此外，大部分田块过量的氮、磷、钾肥投入也可能降低了不同农户间氮、磷、钾肥的差异对山药产量的影响^[20]。但肥料过量投入无疑增加了生产成本和环境污染的风险，造成资源、能源的浪费。因此，山药生产中，应在综合考虑山药的生长发育特性和养分需求特性，确定经济最佳施肥量的同时，充分考虑养分，特别是氮素的转化特性以及土壤质地特点，采用水肥一体化措施，以最大限度提高养分资源利用效率，提高山药产量，并改善品质^[21]。

由于钾肥在提高作物产量和改善品质方面起着重要作用，因此生产过程中农户更应重视钾肥的合理施用。本文通过采用边界线的分析方法得出，在实际生产中钾肥的不合理施用对山药产量造成的影响大于氮、磷以及有机肥。进一步说明了钾肥对蔬菜尤其是块根类蔬菜生长发育和产量增加的重要性。合理施用有机肥可以提高作物产量，改善作物品质，改良土壤微生态环境，提高土壤养分的有效性^[22]。但作物的产量并不会随有机肥用量的增加而增加。付兴发^[23]研究表明，块茎类蔬菜有机肥投入量不超过31~38 t/hm²为最优。同时过量有机肥和无机肥会出现交互作用，加重肥害症状^[24]。本调研结果中，当有机肥投入超过30 t/hm²时山药产量也开始出现降低趋势，主要原因一方面可能与大多数农户不能把有机肥很好的腐熟，有些农户甚至把从养殖场买来的鲜粪直接施用，或简单晾晒后施用，在一定程度上影响了山药根系的生长，导致畸形、病虫害发生严重有关；另一方面可能与90%以上的农户化肥施用过量，过量无机肥和劣质有机肥的施用产生的交互作用有关^[24]。范兰等^[11]的研究表明，产量差是一个复杂的社会经济问题，受多种因素影响，由于受到数据和方法的限制，研究时很少考虑农民的意愿以及经济、政策等。而本研究主要是针对于施肥管理展开的调查，因此在今后调查研究中应在地块因素的研究基础上加入农户因素。

4 结论

河北省山药生产中平均产量为52.4 t/hm²，高

产农户所占比例为 56.7%。化学肥料氮、磷、钾养分投入量分别为 560、630 和 720 kg/hm²，比例为 1:1.13:1.26，农户投入过量比例分别高达 90.0%、98.3% 和 96.7%，氮、磷、钾养分投入比例失调，不符合山药本身的养分需求特性。在调研区域，因氮、磷、钾肥及有机肥的不合理施用导致的产量损失量，占最高产量的比例分别为 2.63%、2.92%、4.34%、2.26%。

参考文献:

- [1] 张福锁, 马文奇, 陈新平, 等. 养分资源综合管理理论与技术概论 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
- [2] 巨晓棠, 谷保静. 我国农田氮肥施用现状、问题及趋势 [J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20 (4): 783-795.
- [3] 虞娜, 张玉龙, 张玉玲, 等. 灌溉和施肥对温室番茄产量和品质影响效应的研究 [J]. 中国土壤与肥料, 2009, (4), 31-35.
- [4] 刘立尧, 李小刚. 河北蠡县麻山药特色农业产业化发展策略探讨 [J]. 宁夏农林科技, 2011, 52 (7): 64-65.
- [5] 贾帅, 王柳, 余昭鸿, 等. 河北蠡县麻山药特色发展建议 [J]. 合作经济与科技, 2014, (12): 46-47.
- [6] 周剑, 刘艳玲, 董兵. 河北蠡县麻山药产业化发展中的问题及对策 [J]. 江苏农业科学, 2010, (4): 444-445.
- [7] 司焕森. 麻山药养分需求特性及最佳施肥技术研究 [D]. 保定: 河北农业大学, 2013.
- [8] 周玥, 郭华, 周洁. 铁棍怀山药中主要营养成分的研究 [J]. 中国食物与营养, 2011, 17 (3): 69-71.
- [9] 谢彩侠, 张重义, 谢慧玲, 等. 不同产地山药氮磷钾吸收规律研究 [J]. 河南农业大学学报, 2003, 37 (3): 253-256.
- [10] Datta S K. Principles and practices of rice production [M]. New York, USA: Wiley-Interscience Publications, 1981.
- [11] 范兰, 吕昌河, 陈朝. 作物产量差及其形成原因综述 [J]. 自然资源学报, 2011, 26 (12): 2156-2166.
- [12] Rabbinge R. The ecological background of food production [J]. Ciba Foundation Ymposium, 1993, 177: 2-22.
- [13] Lobell D B, Cassman K G, Field C B. Crop yield gaps: Their importance, magnitudes, and cause [J]. Annual Review of Environment and Resources, 2009, 34: 179-204.
- [14] FAO. Rice and narrowing the yield gap - The expert consultation on yield gap and productivity decline in rice production [R]. Rome Italy: Plant Production and Protection Division, Crop and Grassland Service, 2004.
- [15] Wairegi L W I, van Asten P J A, Tenywa M M, et al. Abiotic constraints override biotic constraints in East African highland banana systems [J]. Field Crops Research, 2010, 117 (1): 146-153.
- [16] 全国农业技术推广中心. 中国有机肥料养分志 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.
- [17] 王小英, 同延安, 刘芬, 等. 陕西省苹果施肥状况评价 [J]. 植物营养与肥料学报, 2013, 19 (1): 206-213.
- [18] 孙志梅, 武志杰, 陈利军, 等. 农业生产中的氮肥施用现状及其环境效应研究进展 [J]. 土壤通报, 2006, 37 (4): 782-786.
- [19] 石正太, 赵振安, 贾惊涛, 等. 长山药块茎膨大进程的初步研究 [J]. 中国蔬菜, 1996, (1): 29-31.
- [20] 李秋梅. 高肥力土壤上冬小麦/夏玉米轮作体系中磷钾肥合理施用的研究 [D]. 北京: 中国农业大学, 2001.
- [21] 姚春霞, 郭开秀, 赵志辉, 等. 减量施肥对三种蔬菜硝酸盐含量、营养品质和生理特性的影响 [J]. 水土保持学报, 2010, 24 (4): 153-156.
- [22] 张红梅, 金海军, 丁小涛, 等. 有机肥无机肥配施对温室黄瓜生长、产量和品质的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20 (1): 247-253.
- [23] 付兴发. 磷钾肥和有机肥对马铃薯品质和产量影响的研究 [D]. 成都: 四川农业大学, 2012.
- [24] 惠云芝. 有机肥对番茄产量、品质及土壤培肥效果的影响研究 [D]. 吉林: 吉林农业大学, 2003.

Analysis of the status of yield and fertilization in the yam production in Hebei province

MIAO Ze-lan^{1,2}, SUN Zhi-mei^{1*}, ZHANG Xin-xing^{1,2}, LIU Huan^{1,2}, WANG Yu^{1,2}, MA Wen-qi¹ (1. College of Resource and Environmental Science, Hebei Agricultural University, Baoding Hebei 071001; 2. Key Laboratory for Farmland Eco-Environment, Hebei Province, Baoding Hebei 071001)

Abstract: This paper reviewed the current situation of yield and fertilization in yam production and its problems in Hebei province. The results showed that the average production of yam in Hebei was 52.4 t/hm², 56.7% of which came from high-yield households. The total inputs of N, P₂O₅ and K₂O were 884, 759 and 943 kg/hm², respectively, among which the chemical fertilizer inputs were 560, 630 and 720 kg/hm², respectively. According to the levels of nutrients, the ratio of excessive inputs of chemical fertilizer N, P₂O₅ and K₂O rates among all the households reached 90.0%, 98.3% and 96.7%, the insufficient ratio were 5.0%, 0.0% and 3.3%, and the reasonable proportions were only 5.0%, 1.7% and 0.0%, respectively. The yield loss due to the irrational use of chemical fertilizer N, P₂O₅, K₂O and organic fertilizer accounted for 2.63%, 2.92%, 4.34% and 2.26% of the highest production, respectively.

Key words: Chinese yam; yield; fertilization