

我国梨主产区氮磷钾配比施肥与产量的关系研究

李天乐^{1,2}, 支金虎^{1,2}

(1. 塔里木大学农学院, 新疆 阿拉尔 843300; 2. 塔里木大学南疆绿洲农业资源与环境研究中心, 新疆 阿拉尔 843300)

摘要: 为探析我国梨主产区通过氮磷钾施肥配比, 在CNKI相关文献的基础上, 对我国主要梨产区梨园氮磷钾配施情况与产量进行相关性分析, 并建立产量模型。结果表明, 我国梨果主产区梨园氮磷钾肥平均配比为1:0.66:0.66, 平均产量为31.66 t/hm²。华北、长江流域、西北、黄河故道等4大梨产区梨园氮磷钾肥平均配比分别为1:0.62:0.79、1:0.57:0.85、1:0.81:0.32、1:0.56:0.79, 平均产量分别为42.85、31.58、15.78、38.76 t/hm²。产量模型分析表明, 我国梨果主产区氮磷钾各因素对产量的贡献度为K>P>N, 各因素交互效应对产量的贡献度表现为P×K>N×K>N×P。4大梨产区氮磷钾各因素对产量的贡献度分别为K>N>P、P>N>K、K>N>P、N>P>K, 各因素交互效应对产量的贡献度分别为N×P>N×K>P×K、N×P>N×K>P×K、N×P>N×K>P×K、N×K>P×K>N×P。可见影响我国各产区梨树产量的因素并不相同, 肥料的投入也不相同, 华北梨产区、长江流域梨产区、黄河故道梨产区侧重于氮、钾投入, 而西北梨产区侧重于氮、磷投入, 这与各地区的施肥习惯和土壤养分具有一定的关系。因此, 在梨树栽培中应充分考虑当地土壤肥力因素进行配比施肥, 以有效提高梨树产量。

关键词: 梨果主产区; 氮磷钾; 配比施肥; 产量

中图分类号: S661.2

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2024)01-0084-07

doi: 10.3969/j.issn.2097-2172.2024.01.015

Study on the Relationship between Nitrogen, Phosphorus and Potassium Proportional Fertilization and Yields in the main pear production Areas in China

LI Tianle^{1,2}, ZHI Jinhu^{1,2}

(1. College of Agriculture, Tarim University, Alar Xinjiang 843300, China; 2. Southern Xinjiang Oasis Agricultural Resources and Environment Research Centre, Tarim University, Alar Xinjiang 843300, China)

Abstract: In order to analyze the improvement of pear tree yield by matching nitrogen, phosphorus and potassium fertilization in major pear fruit producing areas in China, the correlation analysis of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization and yield in major pear producing areas in China was carried out based on the relevant literatures of matching fertilization in pear trees in China. The results showed that the average ratio of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer was 1:0.66:0.66 in the main producing areas of pear fruit in China, whereas the average yield was 31.66 t/ha. The average ratios of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer in the four pear producing areas, i.e., North China, the Yangtze River Basin, Northwest China, and the old Yellow River Channel, were 1:0.62:0.79, 1:0.57:0.85, 1:0.81:0.32 and 1:0.56:0.79, respectively, and the average yields were 42.85 t/ha, 31.58 t/ha, 15.78 t/ha and 38.76 t/ha, respectively. By the yield model, it showed that the contribution degree of each factor to yield was K>P>N, whereas the interaction effects of nitrogen, phosphorus and potassium on yield were P×K>N×K>N×P. The contribution degree of nitrogen, phosphorus and potassium to the yield of pear fruit in four main producing areas of China was K>N>P, P>N>K, K>N>P and N>P>K, respectively, the interaction effects of nitrogen, phosphorus and potassium on yield of pear fruit in four main producing areas of China were N×P>N×K>P×K, N×P>N×K>P×K, N×P>N×K>P×K and N×K>P×K>N×P, respectively. The factors that affect the yield of pear trees in various production areas in China are not the same, and the input of fertilizers is also different. The pear production areas in North China, the Yangtze River Basin, and the Yellow River Old Channel focus on nitrogen and potassium input,

收稿日期: 2023-11-04; 修订日期: 2023-12-16

基金项目: 塔里木大学校长基金创新团队项目(TDZKCX202301); 塔里木大学研究生科研创新项目(TDGR1202221)。

作者简介: 李天乐(2000—), 男, 新疆库尔勒人, 硕士, 主要从事植物营养与环境的相关研究工作。Email: 17349968821@163.com。

通信作者: 支金虎(1978—), 男, 甘肃张掖人, 教授, 博士, 主要从事植物营养与环境的相关研究工作。Email: zjhzky@163.com。

while the pear production areas in Northwest China focus on nitrogen and phosphorus input, which is related to the conventional fertilization and soil nutrients in each region. Therefore, in the cultivation process of pear trees, the local soil fertility factors should be fully considered, and the matching fertilization can effectively improve the yield of pear trees.

Key words: Main pear production area; Nitrogen; Phosphorus and Potassium; Proportional fertilization; Yield

我国是世界梨树种质的起源国之一, 距今, 梨树在我国种植已超过 3 000 年^[1]。据国家统计局数据显示, 2018 年我国梨树种植面积为 94.34 万 hm^2 。土壤和肥料是农业发展的基本保障^[2], 土壤矿质元素的含量高低能清楚地表明土壤肥力状况, 适时施肥有助于及时补充植物生长所需的各种营养^[3]。但过量施肥在农事活动中非常普遍, 这样不仅造成了肥料流失, 养分浪费, 还会使作物产生毒害作用。如过量施肥会导致作物贪青晚熟、抵抗力下降、易倒伏等现象发生, 同时还会妨碍其他营养元素的吸收, 引起缺素症。其次, 过量施肥还会影响农产品品质、污染土壤和地下水, 严重威胁了生态平衡和人体健康^[4-6]。

调查发现, 我国梨产区普遍存在梨园所用肥料种类多、氮磷钾等营养分配比例失衡、有机肥投入不足等问题, 对梨果产量和品质造成了很大影响^[7-9]。刘侯俊等^[10]通过调查发现, 大部分梨园 N、P、K 比例失调, 造成梨园产量和质量下降。梨的生长状况、产量和果实品质都受到多种养分控制, 一旦缺少某种元素, 就会引起一系列连锁效应, 从而使果实品质降低。因此, 科学合理施肥是改善梨树生长状况、提高果实质量的关键。目前, 关于梨园施肥与产量关系的相关研究大多局限于某一地区或某一品质, 而关于我国总体的氮磷钾配施与产量的相关性鲜有报道。我们通过查阅大量文献, 对我国梨果主产区的氮磷钾配施情况与产量的关系进行比较分析, 以明确我国不同梨果主产区氮磷钾配施情况与产量的关系, 为我国不同梨树主产区施肥提供指导。

1 数据来源与分析方法

1.1 数据来源

以“梨树”“施肥”“氮磷钾”为关键词, 从中国知网数据库(CNKI)中检索到近 20 年内发表的相关文献 524 篇, 从中筛选出研究氮磷钾配比施肥并有产量数据的文献 43 篇。根据张绍铃等^[11]的研究方法, 将我国梨主产区划分为 4 个产区, 即华北梨产区, 包括整个华北地区, 以种植白梨为主;

长江流域梨产区, 包括四川、重庆、浙江、湖北, 以种植砂梨为主; 西北梨产区, 包括新疆、甘肃、陕西, 以种植白梨为主; 黄河故道梨产区, 包括河南、江苏、安徽, 以种植白梨、砂梨为主。根据文献研究内容区域归类, 分别对以上 4 个主要梨产区的氮磷钾配施与产量进行分析, 探究影响各主产区梨树产量的因素。

1.2 分析方法

将筛选出的文献归类为四大梨产区, 分别为华北梨产区^[12-25]、长江流域梨产区^[26-34]、西北梨产区^[35-45]、黄河故道梨产区^[46-54], 分别统计各产区梨园施氮量和产量数据, 用 Excel 2015 和 SPSS 18 等统计分析软件进行数据分析, 用 Origin 2022 作图。拟合不同氮磷钾配施情况下的产量变化趋势。其中, 以施肥量为自变量, 产量为因变量, 选用 $y=ax^2+bx+c$ 或 $y=ax+b$ 进行线性拟合。依据文献报道的氮(N)、磷(P)、钾(K)施用量及产量(Y), 选用方程 $Y=aN^2+bP^2+cK^2+dN+eP+fK+gNP+hNK+iPK+j$ 进行三元二次回归拟合, 以得到 4 大梨产区各自的氮、磷、钾对产量的贡献度及不同因素间的交互效应。

2 结果与分析

2.1 我国梨主产区氮磷钾配施与产量的关系

2.1.1 全国梨产区 通过对 43 篇文献报道的我国梨主产区梨园氮磷钾配施情况(x)与产量(y)进行回归分析(图 1), 拟合所得二次曲线分别为 $y=0.0003x^2-0.2297x+75.202$ ($R^2=0.1261$)(氮)、 $y=-0.0001x^2-0.0059x+40.776$ ($R^2=0.1431$)(磷)、 $y=-0.0001x^2+0.0845x+20.142$ ($R^2=0.0752$)(钾)。从图 1 可知, 随着施氮量和施磷量的增加, 产量逐渐降低, 当施氮量达到 $382.80 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 时, 随施氮量增加, 产量也随之增加。随着施钾量的增加, 产量呈先升高后降低趋势, 当施钾量达到 $422.50 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 时, 随施钾量的增加, 产量有所下降。相关文献表明, 我国梨园氮磷钾平均施用量分别为 351.26 、 231.97 、 $230.29 \text{ kg}/\text{hm}^2$, 氮磷钾肥平均配比为 $1:0.66:0.66$, 平均产量为 $31.66 \text{ t}/\text{hm}^2$ ^[12-54]。

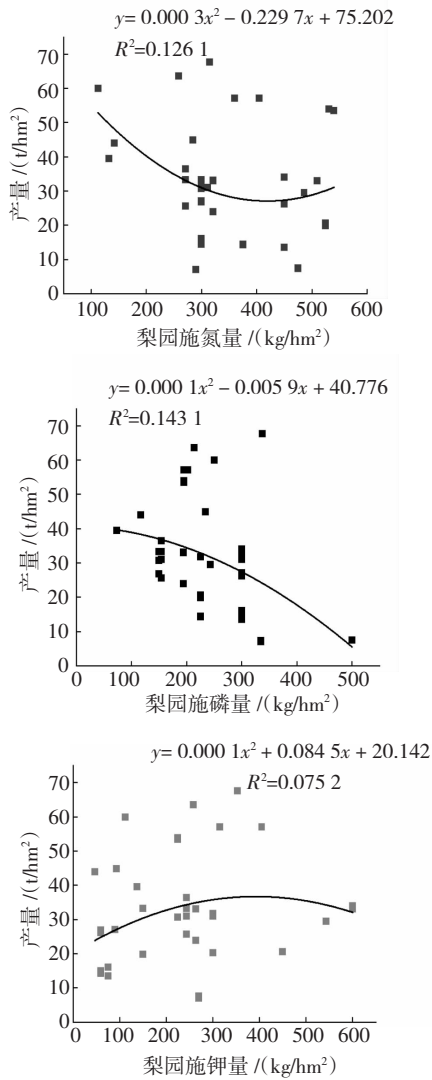


图 1 我国主要梨产区氮磷钾施肥与产量的关系

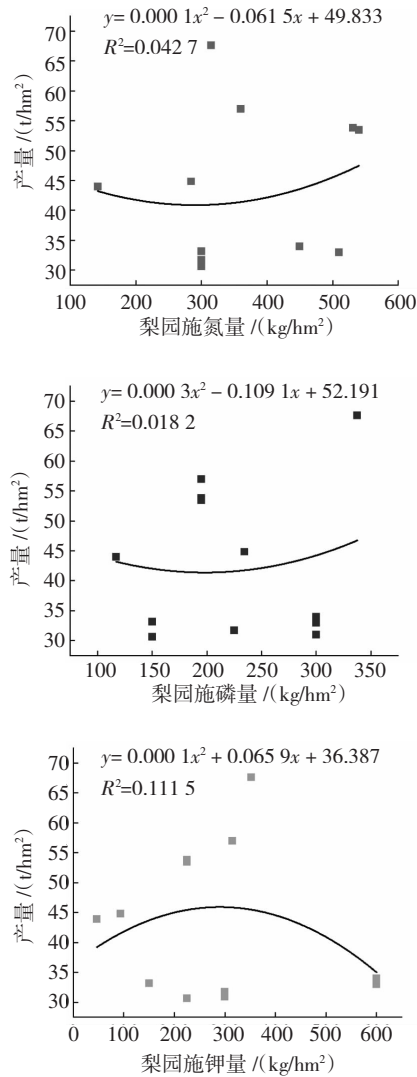


图 2 我国华北梨产区氮磷钾施肥与产量的关系

2.1.2 华北梨产区 通过对我国华北梨产区氮磷钾的施用量与产量进行回归分析(图 2), 拟合所得的二次曲线分别为 $y = 0.000 1x^2 - 0.061 5x + 49.833$ ($R^2=0.0427$)(氮)、 $y = 0.000 3x^2 - 0.109 1x + 52.191$ ($R^2=0.0182$)(磷)和 $y = -0.000 1x^2 + 0.065 9x + 36.387$ ($R^2=0.111 5$)(钾)。从图 2 可知, 随着施氮量和施磷量的增加, 产量均有所下降, 当施氮量和施磷量分别为 307.50、181.80 kg/hm² 时, 增加氮肥和磷肥用量, 产量上升。随着施钾量的增加, 产量也随之增加, 当施钾量为 329.50 kg/hm² 时, 增加钾肥用量, 产量降低。相关文献表明, 我国华北梨产区梨园氮磷钾平均施用量分别为 361.05、224.92、286.09 kg/hm², 氮磷钾肥平均配比为 1 : 0.62 : 0.79, 平均产量为 42.85 t/hm²。相较于全国平均水平, 华北梨产区施钾量高出 55.80 kg/hm²,

产量也高于全国平均水平 [12-25]。
2.1.3 长江流域梨产区 通过对我国长江流域梨产区氮磷钾的施用量与产量进行回归分析, 拟合所得施氮量二次曲线为 $y = -0.001x^2 + 0.563 6x - 42.723$ ($R^2 = 0.099 6$)(氮); 施磷量与施钾量线性拟合程度优于二次曲线拟合程度, 线性拟合结果分别为 $y = -0.063x + 42.222$ ($R^2=0.080 2$)(磷)、 $y = -0.126x + 63.264$ ($R^2=0.080 2$)(钾)。从图 3 可知, 随着施氮量的增加, 产量也随之增加, 当施氮量为 281.80 kg/hm² 时, 产量达到最大值, 而对于该地区, 磷、钾肥用量均对产量存在一定的负相关关系。说明我国长江流域梨产区土壤磷、钾含量比较富足, 基本可满足梨树生长需求。因此, 增施磷钾肥则会抑制梨树生长。相关文献表明, 我国长江流域梨产区梨园氮磷钾平均施用量分别为

294.75、169.00、251.50 kg/hm², 氮磷钾肥平均配比为 1 : 0.57 : 0.85, 平均产量为 31.58 t/hm²。其中, 梨园施氮量与施钾量均低于全国平均水平, 施磷量高于全国平均水平 [26-34]。

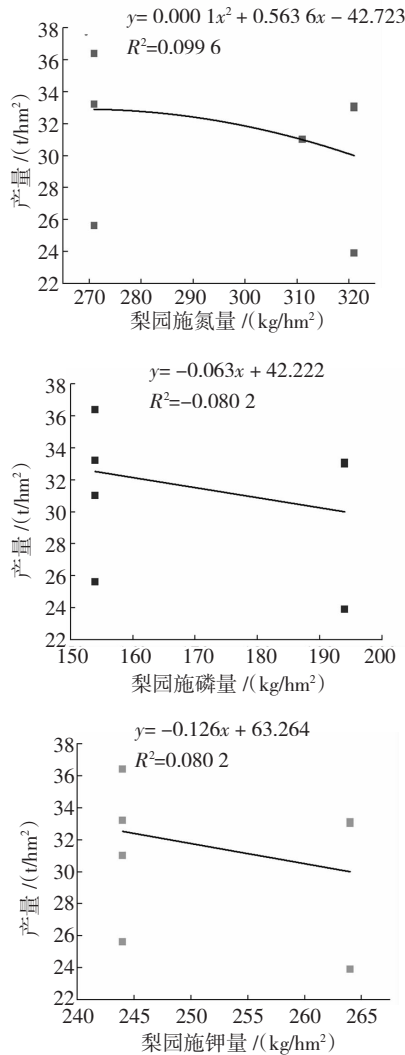


图3 我国长江流域梨产区氮磷钾施肥与产量的关系

2.1.4 西北梨产区 通过对我国西北梨产区氮磷钾施用量与产量进行回归分析, 拟合所得二次曲线分别为 $y = -0.0005x^2 + 0.373x - 47.28$ ($R^2 = 0.1334$) (氮)、 $y = -0.00005x^2 - 0.0826x + 35.402$ ($R^2 = 0.3125$) (磷)和 $y = -0.001x^2 + 0.2748x + 4.7603$ ($R^2 = 0.519$) (钾)。从图 4 可知, 随着施氮量和施钾量的增加, 产量也随之增加, 当施氮量和施钾量分别为 373.00、137.40 kg/hm² 时, 产量达到最大值。而对于该地区, 磷肥用量与产量存在一定的负相关关系。说明我国西北梨产区土壤磷含量比较富足, 基本可满足梨树生长所需。相关文献表明, 我国西北梨产区梨园氮磷钾平均施用量分别为 365.83、297.50、

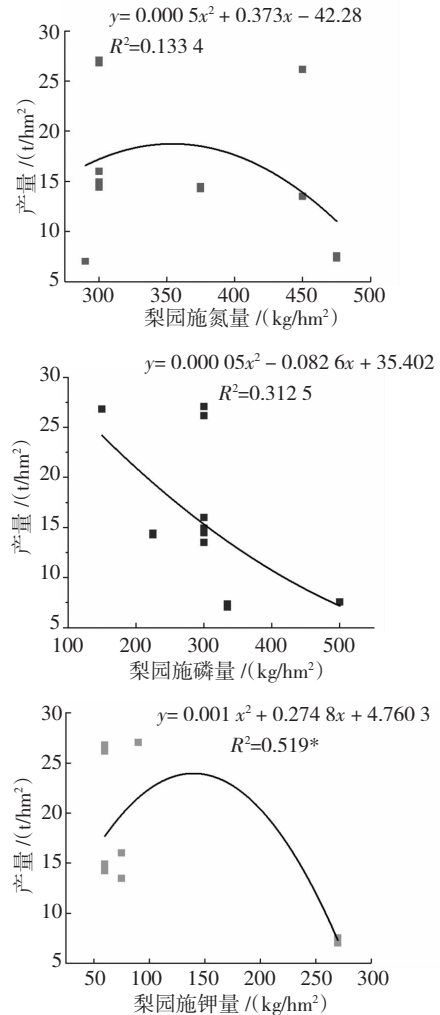


图4 我国西北梨产区氮磷钾施肥与产量的关系

117.5 kg/hm², 氮磷钾肥平均配比为 1 : 0.81 : 0.32, 平均产量为 15.78 t/hm²。相较于全国平均水平, 西北梨产区施钾量低于全国平均 112.79 kg/hm², 产量低于全国平均水平 15.88 t/hm² [35-45]。

2.1.5 黄河故道梨产区 通过对我国黄河故道梨产区的梨园氮磷钾施用量与产量进行回归分析, 拟合所得二次曲线分别为 $y = -0.0007x^2 + 0.3581x + 16.54$ ($R^2 = 0.867$) (氮)、 $y = -0.0006x^2 + 0.1739x + 31.132$ ($R^2 = 0.0089$) (磷)。对施钾量进行线性拟合的结果为 $y = -0.0299x + 47.569$ ($R^2 = 0.0635$) (钾)。从图 5 可知, 随着施氮量和施磷量的增加, 产量也随之增加, 当施氮量和施磷量分别为 255.79、144.90 kg/hm² 时, 产量达到最大值。而对于该地区, 钾肥用量与产量存在一定的负相关关系。说明我国黄河故道梨产区土壤钾含量比较富足, 基本可满足梨树生长所需。相关文献表明, 我国黄河故道梨产区梨园氮磷钾平均施用量分别为 371.25、207.22、

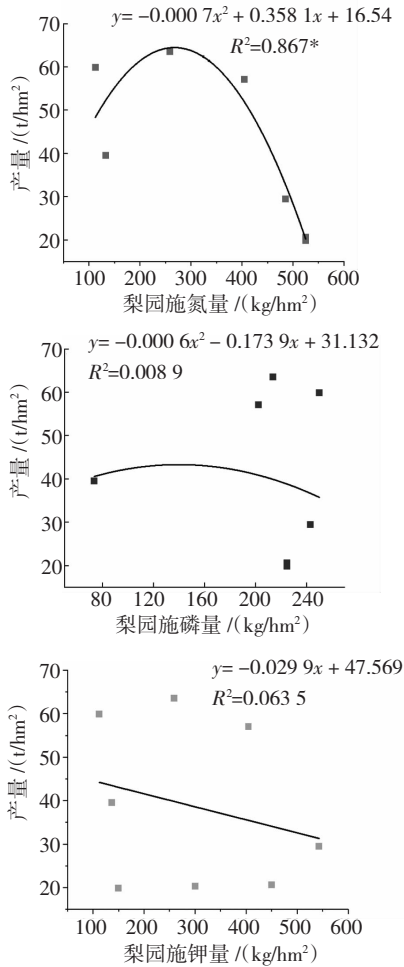


图 5 我国黄河故道梨产区氮磷钾配施与产量的关系

294.56 kg/hm², 氮磷钾肥平均配比为 1 : 0.56 : 0.79, 平均产量为 38.76 t/hm²。梨园施氮量与施钾量均高于全国平均水平, 施磷量低于全国平均水平^[46-54]。

2.2 产量模型的建立

利用文献中我国梨主产区和华北、长江流域、西北、黄河故道等四大梨产区氮磷钾配比施肥研究所得到的产量与氮、磷、钾施用量进行三元二

次回归拟合, 得到产量(Y)与氮(N)、磷(P)、钾(K)用量的回归模型。由表 1 可知, 全国梨产区各氮磷钾对产量的贡献度为 $K > P > N$, 各因素交互效应对产量的贡献度为 $P \times K > N \times K > N \times P$ 。华北梨产区氮磷钾对产量的贡献度为 $K > N > P$, 各因素交互效应对产量的贡献度为 $N \times P > N \times K > P \times K$ 。长江流域梨产区氮磷钾对产量的贡献度为 $P > N > K$, 各因素交互效应对产量的贡献度为 $N \times P > N \times K > P \times K$ 。西北梨产区氮磷钾对产量的贡献度为 $K > N > P$, 各因素交互效应对产量的贡献度为 $N \times P > N \times K > P \times K$ 。黄河故道梨产区各因素对产量的贡献度为 $N > P > K$, 各因素交互效应对产量的贡献度为 $N \times K > P \times K > N \times P$ 。其中对长江流域和黄河故道梨产区的回归方程进行显著性检验发现, $R^2=1.000$, 表明其预测值与真实值间拟合程度较好。

3 讨论与结论

氮、磷、钾是植物生长所必需的营养元素, 在果树生长发育过程中, 具有不可替代的作用^[55-58]。果树植株中蛋白质、叶绿素等的合成均需要氮素的参与, 缺氮影响果树生理生长及果实产量和品质。磷素供给不足会导致植物对氮的吸收受到严重影响, 而过量的施磷会抑制植物正常生长, 降低果实产量和品质^[59]。钾素与果树代谢过程密切相关, 并作为多种酶的活化剂, 参与多种有机物的合成、运输和转运^[60]。有研究发现, 适量施钾对于果树新梢生长、叶面积、SPAD、果实品质等具有显著的促进作用^[61-63]。本研究发现, 通过对我国四大梨产区氮磷钾配比施肥研究发现, 不同梨产区氮、磷、钾施用量比例不同。各地区在梨树栽培上肥料的投入不相同, 华北梨产区、长江

表 1 我国梨产区产量与氮磷钾施用量的回归模型及其模型系数的生物学意义^①

梨产区	回归模型	一次项系数			交互效应系数		
		N	P	K	N×K	N×P	P×K
全国	$Y=0.564N^2+0.398P^2+0.146K^2-123.32N+42.169P+134.627K-0.969NP-0.529NK+0.172PK+42299.92$	-123.32	42.169	134.627	-0.529	-0.969	0.172
华北	$Y=0.158N^2+3.582PK^2+0.463K^2-696.07N-2344.86P+915.419K+5.113NP-1.538NK-3.087PK+259795.8$	-696.07	-2344.86	915.419	-1.538	5.113	-3.087
长江流域	$Y=-10.538N^2-46.911P^2-135.294K^2-11797.819N+33204.421P-15784.631K+99.718NP+10.355NK-23.975PK+7963896.2$	-11797.8	33204.42	-15784.6	10.355	99.718	-23.975
西北	$Y=0.535N^2+1.217P^2-0.9K^2-347.662N-476.79P+861.08K-0.102NP-0.114NK-1.804PK+101588.6$	-347.662	-476.79	861.08	-0.114	-0.102	-1.804
黄河故道	$Y=-3.685N^2+3.817P^2-0.004K^2+2800.086N-863.465P-1868.985K-3.669NP+2.853NK+1.673PK-881.662$	2800.086	-863.465	-1868.99	2.853	-3.669	1.673

① 模型的一次系数表示对应因素对产量的贡献度, 交互效应系数表示对对应的交互效应对产量的贡献度。

流域梨产区、黄河故道梨产区侧重于氮、钾的投入, 而西北梨产区侧重于氮、磷的投入, 这与各个地区的施肥习惯和土壤养分具有一定的关系。新疆地区钾素含量整体处于富足状态, 因此施钾量相对较少。通过对我国主要梨产区氮磷钾施用量与产量的关系研究发现, 各产区氮磷钾施用量与产量的相关性关系各不相同。

研究发现, 我国梨园氮磷钾肥平均配比为 1 : 0.66 : 0.66; 平均产量为 31.66 t/hm²。其中, 西北梨产区产量远低于全国平均水平, 而其他梨产区均达到全国平均水平, 这与西北梨产区磷肥比例用量较大有关, 通过回归分析显示, 我国西北梨产区磷肥对产量存在一定的负相关。通过建立产量模型分析表明, 我国梨园氮磷钾对产量的贡献度表现为 $K > P > N$, 氮磷钾各因素交互效应对产量的贡献度表现为 $P \times K > N \times K > N \times P$ 。我国四大梨产区氮磷钾对产量的贡献表现各不相同, 华北梨产区、西北梨产区以钾素贡献度最高, 长江流域梨产区以磷素贡献度最高, 黄河故道梨产区以氮素贡献度最高。由此可见, 影响各产区梨树产量的因素并不相同, 在梨树栽培过程中, 应充分考虑当地土壤肥力因素进行配比施肥, 以有效提高梨树产量。

参考文献:

- [1] 李秀根, 杨健, 王龙, 等. 近 30 年来我国梨产业的发展回顾与展望[J]. 果农之友, 2009(1): 4-6.
- [2] 胡敏, 雷小玲. 基于农业可持续发展分析土壤肥料的重要性[J]. 现代园艺, 2017(14): 224.
- [3] 高疆生, 唐都, 徐崇志, 等. 不同施肥方案对幼龄枣树营养生长特性及产量的影响[J]. 新疆农业科学, 2015, 52(4): 637-642.
- [4] 任庆菊, 于世举, 马俊杰. 农业可持续发展中的土壤肥料问题与对策[J]. 粮食科技与经济, 2020, 45(1): 34-35; 43.
- [5] 刀琨, 杨世品. 农业可持续发展中土壤肥料利用存在的问题与对策[J]. 河南农业, 2018(14): 60; 63.
- [6] 何永梅, 袁立华. 农业生产中的不合理施肥现象[J]. 科学种养, 2013(10): 36.
- [7] 王文辉, 贾晓辉, 杜艳民, 等. 我国梨果生产与贮藏现状、存在的问题与发展趋势[J]. 保鲜与加工, 2013, 13(5): 1-8.
- [8] 高丽娟, 张海娥, 徐金涛, 等. 河北省梨产业现状、存在问题及发展对策[J]. 中国南方果树, 2018, 47(S1): 119-121.
- [9] 张敬华, 崔惠英, 张玉星, 等. 梨树的合理施肥[C]//河北农业大学园艺学院, 河北省林业技术推广总站, 中国园艺学会梨分会. 全国第四届梨科研、生产与产业化学术研讨会论文集. 北京: 中国农业出版社, 2005.
- [10] 刘侯俊, 巨晓棠, 同延安, 等. 陕西省主要果树的施肥现状及存在问题[J]. 干旱地区农业研究, 2002, 20(1): 38-44.
- [11] 张绍铃, 谢智华. 我国梨产业发展现状、趋势、存在问题与对策建议[J]. 果树学报, 2019, 36(8): 1067-1072.
- [12] 代丽娟, 李淑艳. 水肥管理对秋月梨增产、增收的影响[J]. 农业工程技术, 2023, 43(4): 45; 47.
- [13] 曲潇琳, 高明聪, 刘克桐. 土壤改良水肥管理技术在秋月梨上的应用[J]. 河北果树, 2021(3): 18-19.
- [14] 刘亚南, 白美健, 张宝忠, 等. 黄金梨产量及水肥生产率对水氮耦合的响应[J]. 灌溉排水学报, 2020, 39(11): 68-75.
- [15] 刘克桐, 王丽英, 刘艳. 河北鸭梨优质高效水肥管理技术[J]. 中国农技推广, 2020, 36(7): 54-56.
- [16] 刘克桐, 王丽英, 刘艳. 河北黄冠梨优质高效水肥管理技术[J]. 河北果树, 2020(3): 26-27.
- [17] 董肖昌, 王宝广, 郑晓云, 等. 山东省中西部梨优势产区施肥动态变化分析[J]. 落叶果树, 2019, 51(4): 8-10.
- [18] 段顺远. 不同施肥处理对河北黄冠梨梨园土壤与叶果氮磷钾养分及产量与品质的影响[D]. 保定: 西南大学, 2020.
- [19] 郝国伟, 白牡丹, 高鹏, 等. 氮、磷、钾配比施肥对玉露香梨果实品质的影响[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2017, 37(1): 23-27.
- [20] 王立飞. 水肥耦合方式对土壤营养及梨树生长发育的影响[D]. 保定: 河北农业大学, 2016.
- [21] 张春胜, 王钟经, 姜广仁, 等. 氮磷钾对莱阳茌梨产量与品质影响的研究[J]. 莱阳农学院学报, 1992(3): 226-230.
- [22] 司跃腾. 冀中黄冠梨主栽区果园营养状况分析[D]. 保定: 河北农业大学, 2015.
- [23] 魏树伟, 王宏伟, 张勇, 等. 山东中西部梨主产区施肥状况调查与分析[J]. 山东农业科学, 2012, 44(5): 75-78.
- [24] 孙士宗, 冯怡生, 张秀杰, 等. 梨树专用复合肥的施肥试验[J]. 中国果树, 1993(2): 9-12.
- [25] 刘振岩, 胡桂娟, 张玉英, 等. 茌梨、鸭梨施肥研究[J]. 山东农业科学, 1984(2): 30-33.
- [26] 何婉琳, 施露, 李亚辉, 等. 梨果实品质及其影响因素研究进展[J]. 浙江农业科学, 2022, 63(2): 330-333.
- [27] 陈启亮, 杨晓平, 范净, 等. 利川市梨园养分投入及土壤养分状况分析[J]. 湖北农业科学, 2021,

- 60 (21): 69-72; 93.
- [28] 邱玉玲. 三年施肥对梨园土壤和叶果氮磷钾及产量品质的影响[D]. 重庆: 西南大学, 2022.
- [29] 刘依宁. 重庆永川梨园土壤、叶果氮磷钾与产量品质变化研究[D]. 重庆: 西南大学, 2020.
- [30] 张虹. 重庆永川梨树优化施肥及氮磷钾养分周年变化规律探究[D]. 重庆: 西南大学, 2019.
- [31] 冯旭蓉, 李敏. 川北地区梨优质高产关键栽培技术[J]. 农业开发与装备, 2015(6): 119.
- [32] 宿庆连, 黄明翅, 陈剑华, 等. 丹尼斯凤梨“3414”施肥效应试验[J]. 广东农业科学, 2013, 40(3): 48-50.
- [33] 朱诗君, 金树权, 姚红燕, 等. 不同基肥及追肥配比对凤梨生长、产量和品质的影响[J]. 浙江农业学报, 2022, 34(6): 1217-1226.
- [34] 杨玉华, 陈宇晖, 吴应荣, 等. 砂梨叶片氮磷钾含量与单果重的关系[J]. 湖北农业科学, 1997(4): 40-41; 46.
- [35] 王新泉. 水氮磷耦合对主干结果型香梨生长发育及养分吸收利用的影响[D]. 阿拉尔: 塔里木大学, 2023.
- [36] 于四海. 不同水、肥用量对主干结果型梨树生长、养分利用及果实品质的影响[D]. 阿拉尔: 塔里木大学, 2023.
- [37] 冯宇辉, 李悦, 丁想, 等. 不同施肥处理对库尔勒香梨果实产量和品质的影响[J]. 北方园艺, 2021(13): 52-57.
- [38] 卢明艳, 宋锋惠, 史彦江, 等. 氮磷钾配施对平欧杂种榛果实发育时期光合特性和产量的影响[J]. 新疆农业科学, 2020, 57(8): 1457-1464.
- [39] 郝荣兰. 分析氮磷钾配比施肥对玉露香梨果实品质的影响[J]. 农业与技术, 2019, 39(21): 44-45.
- [40] 丁邦新, 刘雪艳, 何雪菲, 等. ‘库尔勒香梨’园测土配方推荐施肥研究[J]. 果树学报, 2019, 36(8): 1020-1028.
- [41] 刘洪波, 白云岗, 张江辉, 等. 水肥耦合对香梨产量的影响[J]. 灌溉排水学报, 2015, 34(S1): 15-17.
- [42] 李经洽. 配方施肥对库尔勒香梨果实品质及抗寒性的影响[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2016.
- [43] 柴仲平, 王雪梅, 蒋平安, 等. 氮、磷、钾配施对库尔勒香梨长势与产量的影响[J]. 核农学报, 2013, 27(7): 1048-1053.
- [44] 许咏梅, 付明鑫, 覃本民, 等. 新疆库尔勒香梨氮磷钾适宜用量研究初报[J]. 新疆农业科学, 2001(5): 257-259.
- [45] 曹刚, 赵明新, 毕淑海, 等. 平衡施肥对荒漠区黄冠梨生长与品质的影响[J]. 应用生态学报, 2018, 29(8): 2477-2484.
- [46] 谢昶琰, 王迪, 安祥瑞, 等. 滴灌减量施肥对梨树体养分及果实产量、品质的影响[J]. 江苏农业学报, 2021, 37(6): 1526-1533.
- [47] 王莉, 叶小梅, 杜静, 等. 沼液不同施用方式对梨园土壤及梨果产量品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(20): 138-143.
- [48] 陈思静. 基于 Android 系统的梨树平衡施肥专家系统研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2020.
- [49] 吴文利. 生物有机肥配施土壤调理剂对梨树生长和土壤肥力的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2022.
- [50] 刘敏, 张玲, 曹环, 等. 水溶性肥料结合水肥一体化技术在甜梨上的应用效果[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(12): 151-152.
- [51] 王唯. 钾肥与‘幸水’梨果实生长和品质形成的关系及施用技术研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2018.
- [52] 武晓. 施钾对黄冠梨产量与品质及钾素营养的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2019.
- [53] 陈桥伟. 梨树周年养分带走量及施用有机肥对巴梨生长的影响研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2016.
- [54] 汤婷婷. 梨主栽品种果实品质分析与矿质营养平衡施肥研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2014.
- [55] GHONAME A A, MONA G D, RIAD G S, et al. Effect of nitrogen forms and biostimulants foliar application on the growth, yield and chemical composition of hot pepper grown under sandy soil conditions[J]. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 2009, 5(5): 840-852.
- [56] 陈倩, 丁宁, 彭玲, 等. 矮化苹果氮肥施用技术[J]. 应用生态学报, 2018, 29(5): 1429-1436.
- [57] RAESE J T, DRAKE S R, CURRY E A. Nitrogen fertilizer influences fruit quality, soil nutrients and cover crops, leaf color and nitrogen content, biennial bearing and cold hardiness of ‘Golden Delicious’ [J]. Journal of Plant Nutrition, 2007, 30(10): 1585-1604.
- [58] WU P F, MA X Q, TIGABU M, et al. Root morphological plasticity and biomass production of two Chinese fir clones with high phosphorus efficiency under low phosphorus stress[J]. Canadian Journal of Forest Research, 2011, 41(2): 228-234.
- [59] 江国廷. 浅析果树的营养特点与配方施肥[J]. 现代农业科技, 2007(12): 49.
- [60] 郑诚乐. 钾素营养对果树的增产增质效应[J]. 福建果树, 1993(1): 27-30.
- [61] 涂美艳, 江国良, 杜晋城, 等. 钾素营养对油桃采果期树体营养状况的影响[J]. 北方园艺, 2009(12): 29-33.
- [62] 潘海发. 矿质营养水平对砀山酥梨营养生长和果实品质的影响[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2008.
- [63] 吴翠云. 钾肥对骏枣叶片光合特性和果实品质及糖代谢影响的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2016.