

分类号: S661.2  
学 号: 20222112001

密 级: 公开  
单位代码: 10759

# 石河子大学

## 硕 士 学 位 论 文



### 八个梨品种在民丰地区引种适应性评价及穴贮 砖对‘爱宕’生长及磷吸收的影响研究

学 位 申 请 人	李延树
指 导 教 师	于坤 副教授 张万栋 高级农艺师
申 请 学 位 类 别	专业硕士
专 业 名 称	农业硕士
研 究 领 域	农艺与种业
所 在 学 院	农学院

中国·新疆·石河子

2024年5月

**The evaluation of the introduction of the adaptability of eight pear trees in Minfeng area and the influence of brick hole storage on the growth and phosphorus absorption of Atago**

A Dissertation Submitted to

**Shihezi University**

In Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

**Master of Agriculture**

**By**

**Li Yan-shu**

**Agronomy and seed industry**

Dissertation Supervisor: Prof. Yu Kun

Senior agronomist: Zhang Wan-dong

May, 2024

# 石河子大学学位论文独创性声明及使用授权声明

## 学位论文独创性声明

本人所呈交的学位论文是在我导师的指导下进行的研究工作及取得的研究成果。据我所知，除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含其他个人已经发表或撰写过的研究成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中作了明确的说明并表示谢意。

研究生签名：李延树

时间：2024年5月20日

## 使用授权声明

本人完全了解石河子大学有关保留、使用学位论文的规定，学校有权保留学位论文并向国家主管部门或指定机构送交论文的电子版和纸质版。有权将学位论文在学校图书馆保存并允许被查阅。有权自行或许可他人将学位论文编入有关数据库提供检索服务。有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

研究生签名：李延树

时间：2024年5月20日

导师签名：于坤

时间：2024年5月20日

## 摘要

**【目的】**为民丰地区筛选出最适合种植的梨品种；探究穴贮砖耦合磷肥对‘爱宕’生长及磷吸收的影响，为南疆沙质土壤条件下果树的肥水灌溉提供新的思路。

**【方法】**本研究比较了‘玉露香’、‘早红玉’、‘早酥’、‘红酥蜜’、‘爱宕’、‘秋月’、‘苏翠1号’、‘苏翠4号’八个梨品种在和田民丰地区的生长发育、果实品质、土壤肥力差异，并对其主栽品种‘爱宕’施加果树穴贮砖，于植株生长期和挂果期两个节点追施磷肥，并设置穴贮砖施磷肥（TP）、穴贮砖不施磷肥（TF）、无穴贮砖施磷肥（NP）、无穴贮砖不施磷肥（NF）四种处理，探究穴贮砖耦合磷肥对沙地梨树生长及磷吸收的影响。

**【结果】**1.八个梨品种在统一的水肥管理下均能正常生长，但不同品种适应性表现出较大差异，‘早酥’、‘玉露香’和‘爱宕’生长发育情况最为良好，其次是‘早红玉’和‘红酥蜜’，‘苏翠4号’、‘苏翠1号’、‘秋月’生长较为良好，从果实品质比较来看，‘玉露香’果实品质综合得分最高，其次是‘爱宕’、‘早红玉’、‘早酥’和‘红酥蜜’。从土壤理化性质来看，‘爱宕’、‘玉露香’和‘早红玉’适宜性最强、‘苏翠4号’、‘早酥’和‘红酥蜜’适宜性良好，而‘苏翠1号’和‘秋月’土壤理化性质。结合八个梨品种综合隶属函数值可以得出，‘爱宕’、‘玉露香’、‘早红玉’这三个品种最适宜在和田民丰地区适量发展。

2. TP、TF 处理可以显著提高‘爱宕’新梢长度、果树干径及高度，增加叶面积和叶片含水率以及叶柄的长度和粗度。穴贮砖的施用显著增加了‘爱宕’果实纵径、横径、单果重和单株产量；提高了‘爱宕’果实 VC 含量、可溶性固形物含量，并显著降低果实硬度、可滴定酸含量及石细胞含量。TP 较 NP 处理，单果重提高 5.29%、单株产量提高 7.14%。果实固酸比显著提高 25.68%，果实 VC 含量提高 10.03 %，果实的硬度和石细胞含量分别显著降低 7.23%、10.64 %。结合对测定指标隶属函数值综合评价，各处理生长发育及果实品质排序均表现为 TP>TF>NP>NF。

3. TP、TF 可调节沙地梨树‘爱宕’各土层土壤 pH，各土层的土壤全 N 和全 K 含量及土壤含水率明显提升。TP、TF 处理提高了‘爱宕’各土层的脲酶、过氧化氢酶和蔗糖酶的活性，进而提高了各土层的碱解氮、速效钾和有机质含量。同时穴贮砖和施磷肥结合使用，对土壤肥力的提升效果越明显。运用隶属函数法评估‘爱宕’的根际土壤养分状况得 TP>TF>NP>NF。说明穴贮砖可有效改善其土壤环境，提升肥力。

4. TP、TF 可以显著提高沙地梨树‘爱宕’的土壤速效磷含量、碱性磷酸酶活性及全 P 含量。从而提高土壤磷素活化系数（PAC）。同时，TP、TF 也显著提高了‘爱宕’的新梢、叶片、细根、粗根中的磷积累量。TP 处理的‘爱宕’土壤磷吸收活性最高，植株各部位对磷素的吸收和积累量也最高，各土层土壤磷素活化系数最高，对‘爱宕’周边土壤磷素环境的改良的效果最好。

**【结论】**通过比较了八个梨品种在和田民丰地区适应性差异性，为和田民丰地区筛选出了最适宜发展的三个梨品种‘爱宕’、‘玉露香’、‘早红玉’。并验证了穴贮砖可以有效促进‘爱宕’植株生长，提高果实品质和产量，改良土壤理化性质，促进土壤磷素转换为土壤速效磷，提高土壤肥力；促进梨树植株部位对磷素吸收与积累。同时，穴贮砖和施磷肥相结合，对沙地梨树‘爱宕’植株生长、品质产量以及土壤理化性质、土壤磷素转换吸收的影响效果最优。

**关键词：**梨；品种；穴贮砖；生长；磷吸收

## Abstract

**【Objective】** Screening the most suitable pear varieties for Minfeng area; exploring the effect of brick hole storage coupling phosphorus fertilizer on the growth and phosphorus uptake of 'Atago', and providing new ideas for the fertilization and irrigation of fruit trees under the sandy soil conditions in South Xinjiang.

**【Method】** This study compared the growth and development, fruit quality and soil fertility of eight pear varieties, namely, 'Yuluxiang', 'Zaohongyu', 'Zao su', 'Hongsumi', 'Atago', 'Qiu Yue', 'Su Cui No. 1 and 4', And the main variety 'Atago' to apply fruit tree hole storage bricks, Apply phosphate fertilizer at two nodes of the growth period and the hanging period, And set up hole storage brick phosphate fertilizer (TP), hole storage brick not phosphate fertilizer (TF), no hole storage brick phosphate fertilizer (NP), no hole storage brick not applying phosphate fertilizer (NF) four treatment, Explore the influence of phosphate fertilizer on pear growth and phosphorus absorption in sandy land.

**【Results】** 1. Eight pear varieties under the appropriate cultivation techniques and management measures can normal growth, but different varieties adaptability showed big differences, 'Zao Su', 'Yuluxiang' and 'Atago' growth and development is the best, followed by 'Zaohongyu' and 'Hongsumi', 'Su Cui No. 1', 'Su Cui No. 4', 'Qiu Yue' growth is good, from the fruit quality comparison, 'Yuluxiang' fruit quality comprehensive score is highest, followed by 'Atago', 'Zaohongyu', 'Zao Su' and 'Hongsumi'. From the perspective of soil suitability, 'Atago', 'Yuluxiang' and 'Zaohongyu' are the most suitable, 'Su Cui No. 4', 'Zao Su' and 'Hongsumi' have good suitability, while 'Su Cui No. 1' and 'Qiu Yue' have poor soil suitability. Combined with the comprehensive subordination function value of eight pear varieties and the local supporting cultivation techniques and measures, it can be concluded that the three varieties of 'Atago', 'Yuluxiang' and 'Zaohongyu' are most suitable for appropriate development in Minfeng area of Hotan.

2. TP and TF treatments significantly increased the length of 'Atago' new shoots, tree trunk diameter and height, increased leaf area and leaf water content as well as petiole length and thickness. The application of hole storage bricks significantly increased 'Atago' fruit longitudinal and transverse diameters, single fruit weight and single plant yield; increased 'Atago' fruit VC content, soluble solids content and significantly reduced fruit hardness, titratable acid content and stone cell content. TP was more effective than the NP treatment, single fruit weight increased by 5.29% and single plant yield increased by 7.14%. Fruit solid-acid ratio was significantly increased by 25.68%, fruit VC content was increased by 10.03%, and fruit hardness and stone cell content were significantly reduced by 7.23% and 10.64%, respectively. Combined with the comprehensive evaluation of the affiliation function values of the measured indexes, the

growth and development and fruit quality of each treatment were ranked as TP>TF>NP>NF.

3. TP and TF could regulate the soil pH of all soil layers of the sandy pear tree 'Atago', and the soil total N and K contents and soil water content of all soil layers were significantly increased. TP and TF treatments increased the activities of urease, catalase and sucrase in each soil layer of 'Atago', which in turn increased the content of Alkali-N, Olsen-P and OM in each soil layer. At the same time, the combination of storage hole bricks and phosphorus fertilizer application had a more obvious effect on soil fertility enhancement. Using the affiliation function method to evaluate the inter-root soil nutrient status of 'Atago', the results were TP>TF>NP>NF, which indicated that the storage hole bricks could effectively improve the soil environment and enhance the fertility of 'Atago'.

4. TP and TF can significantly increase soil quick phosphorus content, alkaline phosphatase activity and total P content of sandy pear tree 'Atago'. Thus, the soil phosphorus activation coefficient (PAC) was increased. At the same time, TP and TF also significantly increased phosphorus accumulation in new shoots, leaves, fine roots and coarse roots of 'Atago'. TP-treated 'Atago' had the highest soil phosphorus uptake activity, the highest phosphorus uptake and accumulation in all parts of the plant, and the soil phosphorus in all soil layers had the The activation coefficient was the highest, and the effect on the improvement of soil phosphorus environment around 'Atago' was the best.

**【 Conclusion 】** By comparing the adaptability difference of eight pear varieties in Hotan, three most suitable pear varieties 'Atago', 'Yuluxiang' and 'Zaohongyu' were selected for development in Hotan. It also proves that the storage hole brick can effectively promote the growth of 'Atago' plant, improve the fruit quality and yield, improve the physical and chemical properties of soil, promote the conversion of soil phosphorus, improve soil fertility, and promote the absorption and accumulation of phosphorus in pear plants. At the same time, the combination of hole storage brick and phosphate fertilizer has the best effect on pear tree plant growth, quality, yield, soil physical and chemical properties, and soil conversion and absorption of phosphorus.

**Key words:** pear; cultivars; storage hole brick; growth; phosphorus uptake;

# 目录

摘要 .....	I
Abstract .....	III
目录 .....	V
缩略词表 .....	VII
引言 .....	1
第 1 章 文献综述 .....	2
1.1 国内外研究进展 .....	2
1.1.1 新疆梨产业发展现状 .....	2
1.1.2 穴贮肥水技术研究进展 .....	4
1.1.3 穴贮肥水技术对果树生长发育研究 .....	5
1.1.4 穴贮肥水技术对植物土壤养分影响的研究现状 .....	5
1.1.5 土壤磷素吸附和转化的研究现状 .....	6
1.2 研究目的与内容 .....	7
1.2.1 研究目的 .....	7
1.2.2 研究内容 .....	7
1.2.3 拟解决的实际问题 .....	7
1.2.4 技术路线 .....	8
第 2 章 八个梨品种在民丰地区引种适应性评价 .....	9
2.1 材料与方法 .....	9
2.1.1 试验区概况 .....	9
2.1.2 试验材料及设计 .....	10
2.1.3 测定项目及方法 .....	11
2.1.4 数据处理及分析方法 .....	13
2.2 结果与分析 .....	13
2.2.1 物候期分析 .....	13
2.2.2 保存率分析 .....	14
2.2.3 叶片特征性状分析 .....	15
2.2.4 植株生长状况分析 .....	16
2.2.5 果实品质分析 .....	18

2.2.6	土壤理化性质分析 .....	19
2.2.7	八个梨品种适应性综合评价 .....	23
2.3	讨论 .....	25
2.3.1	八个梨品种在和田民丰地区生长发育的差异 .....	25
2.3.2	八个梨品种在民丰地区果实品质的差异 .....	26
2.3.3	八个梨品种在民丰地区土壤理化性质的差异 .....	26
2.4	小结 .....	26
第3章	穴贮砖对‘爱宕’生长发育及磷吸收的影响研究 .....	27
3.1	材料与方法 .....	27
3.1.1	试验区概况 .....	27
3.1.2	试验材料与设计 .....	27
3.1.3	测定项目及方法 .....	29
3.1.4	数据处理及分析方法 .....	29
3.2	结果与分析 .....	30
3.2.1	穴贮砖对‘爱宕’植株生长的影响 .....	30
3.2.2	穴贮砖对‘爱宕’果实品质及产量的影响 .....	32
3.2.3	穴贮砖对‘爱宕’土壤养分含量的影响 .....	34
3.2.4	穴贮砖对‘爱宕’磷吸收转化的影响 .....	40
3.2.5	穴贮砖对‘爱宕’影响效果的综合评价 .....	44
3.3	讨论 .....	47
3.3.1	穴贮砖对‘爱宕’植株生长的影响 .....	47
3.3.2	穴贮砖对‘爱宕’果实品质及产量的影响 .....	47
3.3.3	穴贮砖对‘爱宕’土壤养分含量的影响 .....	48
3.3.4	穴贮砖对‘爱宕’磷吸收转化的影响 .....	49
3.4	小结 .....	50
第4章	结论与展望 .....	51
4.1	结论 .....	51
4.2	展望 .....	52
参考文献	.....	53
致谢	.....	64
作者简介	.....	65
导师评阅表	.....	67

## 缩略词表

英文缩写	英文名称	中文名称
AK	Available potassium	速效钾
AN	Available nitrogen	碱解氮
CAT	Catalase	过氧化氢酶
d	Day	天
h	Hour	小时
K	Kalium	钾
N	Nitrogen	氮
NF	No phosphate fertilizer is applied without brick hole storage	无穴贮砖不追施磷肥
NP	Phosphate fertilizer is applied without brick hole storage	无穴贮砖追施磷肥
OM	Organic matter	有机质
OP	Olsen phosphorus	速效磷
P	Phosphorus	磷
PAC	Phosphate activation coefficients	土壤磷素活化系数
S-ALP	Alkaline phosphatase	碱性磷酸酶
TF	No Phosphate fertilizer is applied to brick hole storage	穴贮砖不追施磷肥
TP	Phosphate fertilizer is applied to brick hole storage	穴贮砖追施磷肥
URE	Urease	脲酶
VC	Vitamin C content	维生素 C 含量

## 引言

南疆地区有着得天独厚的自然资源和地理优势，当地气候条件独特、昼夜温差大、日照时间长、光资源丰富，特色林果在气候条件上优于全国许多地区。同时，当地的土地、人均土地也具有优势，发展林果业已成为当地农民增收和农村经济发展的重要途径，并产生了较好的经济效益。（玉苏甫·阿不力提甫等，2014；湛志勇等，2016；万胜等，2022）。目前，土地沙化日益严重，改善环境已成为当务之急，新疆和田地区地处塔克拉玛干沙漠南缘，风沙大，土壤沙化严重，发展林果业可以在沙漠边缘形成一片小绿洲，在发挥地方优势带来经济效益的同时，自然环境中的绿洲也起到了防风屏障和固沙作用，也给南疆地区的发展带来了积极的影响，实现南疆地区经济效益和生态效益双丰收。（余小青等，2021；宋梦飞等，2022）。

在新疆，梨树有着丰富多样的种质资源，已有近千多年的栽培历史。尤其是南疆地区发展迅速，库尔勒、阿克苏、喀什等地都有种植和栽培（李萧婷，2022）。虽然近几十年来新疆梨产业化取得了长足进步，但目前新疆梨主要以‘库尔勒香梨’为主，品种单一，在发展过程中过度依赖‘库尔勒香梨’，而其他梨品种尚未得到充分挖掘和利用（杜润清等，2020）。和田民丰地区独特的气候资源，如气候干旱、光照充足、热量资源充足、降雨量少、昼夜温差大等，都是梨栽培的有利条件，但梨在当地没有大规模露地栽培的相关经验（阿卜杜苏普尔·如则等，2022）因此，有必要选育出适合当地大规模发展、有别于库尔勒香梨的梨品种，以支持进一步发展具有当地果林特色的产业，并形成一套适合当地梨栽培发展的滴灌保肥综合技术。

穴贮肥水技术在果园优质高产抗旱保肥中发挥了良好的作用，并以其操作简便、投资少、见效快等优点受到果农的欢迎（Wang et al., 2022）；穴贮肥水技术可将肥料和废水暂时贮存起来，减少水肥流失，并在果树生长过程中逐渐释放养分和水分，对改善果树生长发育过程、提高果实品质和产量有明显作用（Li et al., 2022）。穴贮肥水技术与常规肥料管理相比，可有效减轻农民的劳动强度，且地理式贮肥坑和覆盖物可连续使用一年，可促进果树生长，提高果园产量和果实品质，是干旱缺水地区肥料管理的一项经济高效、性价比高的措施（高智红等，2018）本试验研究采用的穴贮砖就是在穴贮肥水技术的基础上，将有机肥和部分水肥材料按一定比例制作成模块化穴贮砖，将其穴施于梨根部区域。并结合施磷肥的水平，研究穴贮砖对南疆沙地梨树植株生长发育及土壤磷素的转化吸收影响，拟在解决南疆砂质土壤果树缺水缺肥的问题，为南疆梨树生长发育采用新型穴贮滴灌技术提供理论参考。

## 第 1 章 文献综述

### 1.1 国内外研究进展

#### 1.1.1 新疆梨产业发展现状

梨是我国的主要栽种果树，梨属 (*Pyrus*) 植物全世界共有 35 个种，原产我国已定名的就有 15 个种 (郭文场等, 2019)。新中国成立以来，特别是改革开放以后，我国梨产业得到了迅猛发展 (陈学森等, 2020)。并且，中国是梨产业生产和消费大国。根据国家统计局及中国海关 (2023) 相关信息统计，2022 年，中国的梨种植面积约为 92 万公顷，总产量约为 2000 万吨，位居世界第一；2022 年我国鲜梨表观均消费量约为 1837 万吨，居世界首位。

新疆地区的梨栽培种植面积近几年均在 6.5 万公顷上下，产量在 120 万吨左右 (图 1-1)。2022 年新疆梨果产量约为 151.37 万吨，占全国地区梨果产量的 9.51% (新疆年鉴, 2023)。新疆梨资源丰富多样，历史悠久，库尔勒、阿克苏、喀什等南疆地区均有种植和栽培 (李萧婷等, 2022)。南疆气温变化剧烈、日照充足、热量资源充足、降水少、气候干旱，这些独特的气候条件为培育梨种质资源，发掘梨种质资源的多样性，建立强有力的条件，同时为梨种质资源研究奠定了基础。(阿依古丽·铁木儿等, 2014)。

近年来，我国梨产区引进和审定了一大批优良品种，丰富和调节了地方品种资源和结构。在湖北省，采用合理满足法对 17 个地方梨品种进行了审定，‘黄冠’、‘翠冠’和‘圆黄’被审定为基础品种 (彭文莉, 2012)；在浙江省云和县，引进了一批梨品种，以丰富和调节地方品种资源和品种结构。通过引进不同的梨品种，发现了‘脆绿’、‘金梨’、‘翠冠’和‘清香’四个品种。在云和县当地栽培性状表现全面，优于目前云和县主栽品种 (陈超俊等, 2016)；江苏盐城开展了品种‘西子青’、‘黄冠梨’、‘爱赣水’、‘中梨 1 号’、‘金花 1 号’、‘中梨 2 号’、‘中梨 3 号’、‘中梨 4 号’、‘中梨 5 号’等示范选育品种，并在该地区进行了经济示范和大面积种植 (吴祥, 2009)；湖南省引进选育了‘赣梨 1 号’、‘黄冠梨’、‘爱赣水’、‘中梨 1 号’、‘金花 4 号’等品种。‘早金脆’、‘黄冠’、‘早脆’、‘新梨 7 号’等优良品种已在河西地区广泛引种栽培 (王鑫等, 2020)。

近年来，新疆梨产业化取得了长足进步，但目前南疆地区主要以‘库尔勒香梨’为主，品种过于单一 (图 1-2)。目前新疆梨主产区主要集中在巴音郭楞蒙古自治州、阿

克苏地区等（见表 1-1）。在发展过程中，过于依赖‘库尔勒香梨’和‘新梨 7 号’品种，而其他梨品种尚未得到充分研究和利用（马有福，2022；王永鹏，2022）。因此，有必要开展梨品种的引种试验，为促进南疆和田地区梨产业的快速发展提供理论依据。

表 1-1 新疆各地、州、市梨果生产情况（新疆年鉴 2021）

Table 1-1 Production status of pear fruit in various regions, prefectures and cities in Xinjiang (Xinjiang Yearbook 2021)

地区 Region	面积 Area(hm <sup>2</sup> )	产量 Production(t)
全区统计	71291	1544700
吐鲁番市	10	270
哈密市	24	251
伊犁哈萨克自治州	107	516
塔城地区	14	185
巴音郭勒蒙古自治州	37162	451527
阿克苏地区	12195	423865
克孜勒苏柯尔克孜自治州	110	261
喀什地区	871	17333
和田地区	261	2292
生产建设兵团	20537	647933

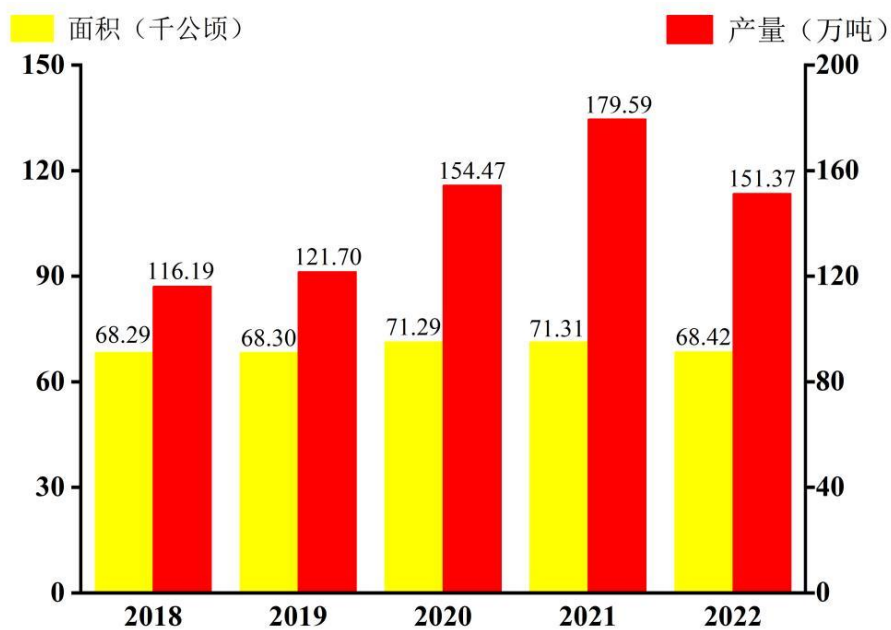


图 1-1 新疆近几年梨果生产现状（新疆统计局，2019-2023）

Fig. 1-1 Status of pear production in Xinjiang in recent years (Xinjiang Bureau of Statistics, 2019-2023)

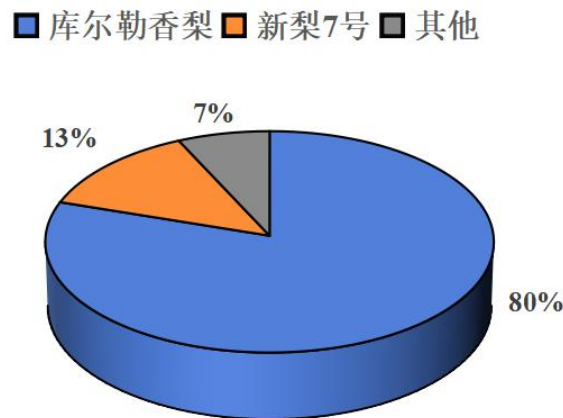


图 1-2 新疆主要栽培梨品种（新疆农业农村厅，2023）

Fig. 1-2 Main cultivated pear varieties in Xinjiang (Xinjiang Department of Agriculture, 2023)

### 1.1.2 穴贮肥水技术研究进展

早在 1978 年，就有相关学者发现可通过将有限的养分集中供应在果树根际而改善其生长发育情况（Drew et al., 1978）。生产实践也表明，在果树根系上施用浓度有限的有机肥，不仅能改善果实品质，实现高产，还能增强根系功能，提高土壤肥力（Teng et al., 2014）。果树是多年生木本植物，其优生区主要分布在灌溉条件差或无灌溉条件的缺水地区，砧木往往处于土壤贫瘠的不利条件下，严重影响果树的生长发育。果树根系从土壤和肥料中吸收的水分主要集中在 0.3-2.0m，距树干在 1.0-1.5m 范围内，果树土壤水分的垂直分布和水平分布对果树砧木吸水 and 降雨入渗影响很大。根据对苹果树吸水量的测定，在根系各部分供水量充足的基础上，认为不需要对苹果树的整个根系进行灌溉，只需对根区的一部分进行灌溉，就能达到与植株生长相适应的充分灌溉和施肥。（李得禄等，2015；杨彪生等，2021；刘亚娜等，2023）。

在向根系输送肥料时，需要了解根系的生长、分布和吸收特点，确保肥料到达植株最合适的部位，从而保证肥效最大化（杨春霞等，2021）。现在生产中常用的施肥方法主要有条带施肥法、穴施施肥法、灌溉施肥法和全园施肥法，现在实际生产中果树根际施肥的土壤主要采用的是局部施肥法。在果园生产中，穴贮滴灌技术利用根系中 10% 左右的土壤优化面积吸收肥水，满足树体的活性代谢要，使树体春季树形建立快，生长剪度高，大大提高了产量和品质，节约肥水 70%，促进山区旱地增产 460 万公顷（王宁等，2015；唐德合等，2016）。穴贮肥水是一项抗旱保肥的耕作技术，可确保果园优质高产。穴贮肥水技术具有操作简单、取材方便、投资少、节肥节水见效快等特点。这大大缓解了高地果园缺肥少水与提高产量和质量之间的权衡问题，这种效果在土层薄、缺乏灌溉条件的干旱高地地区应用尤为重要（Lahiani et al., 2023）。这样，暂时使用过的肥料被

储存起来，减少了损失，逐渐释放出养分、水分，使果树全年的肥水供应稳定，显著改善果树的生长发育，达到提高产量、巩固树势的目的。在果园内穴施贮肥而非普通肥料管理，省时省力，能有效减轻劳动强度，肥穴挖好覆盖后可全年连续使用，从而促进果树生长，提高干旱缺水地区果品产量和品质，是既经济又实惠的肥料管理有效措施（陈福志等，2017）。

### 1.1.3 穴贮肥水技术对果树生长发育研究

穴贮保肥是促进果树优质高产的一项新技术，是对砧木进行水肥管理的一项新技术，其优势在于穴中水分、养分充足而稳定，气热环境状况良好。穴贮滴灌可使果树砧木处于适宜的生长条件，从而促进果树生长旺盛、抗旱性强、抗逆性高、无生理缺素症，果面光亮、着色好、产量明显提高（秦晓娟等，2013；王鹏等，2023）。姚宗国等（2014）等测定结果表明，应用穴施肥水技术的冬枣果树，整个年生长长期土壤含水量可保持在15%左右，完全可以满足冬枣果树生长发育的需要。穴贮滴灌技术不仅能保持土壤水分，还能提高土壤有效温度，促进冬枣果树根系活动，提高土壤的养分和水分吸收能力。温爱存等（2018）认为大樱桃园穴贮肥水技术能促进大樱桃树旺盛生长，提高产量和果实品质效果显著，连年效果更加明显。吕齐（2022）认为穴贮施肥技术能显著调整骏枣新梢的生长规律，使春梢生长多，秋梢生长少，叶面积增加，果树形成良好的物质循环过程。

### 1.1.4 穴贮肥水技术对植物土壤养分影响的研究现状

土壤养分是由土壤提供的植物生长所必需的营养元素。土壤中能直接或经转化后被植物根系吸收的矿质营养成分（Shaban et al., 2019）。土壤养分含量会直接影响植株的品质及产量，土壤各类养分含量越高，果树生长能力越强（Shi et al., 2019）。彭娜等（2009）研究表明，长期有机无机肥配施能够显著增加土壤中不同速效养分的含量。而穴贮肥水技术可提高早春土壤温度，提高果树根系活力，促进果树根系提前活动。提高土壤对养分和水分的吸收，保持土壤水分平衡。（高智红等，2018；谭华等，2023）果园应用穴贮肥水技术后，提高了土壤的通透性及植株根系温度。充足的温度和良好的通透性促进了土壤养分的释放，土壤中速效氮、磷、钾含量明显增加（汤桂容等，2017）。通过穴贮滴灌，可使土壤容积含水量保持在30-50厘米，促进根系生长和生根（秦思军等，2009）。Ma等（2022）发现，穴贮滴灌技术可以有效提高土壤碱解氮、有效磷、速效钾等速效养分含量。土壤有机质和pH值可直接或间接影响到作物的叶片、根系、株高和产量等，还会影响其酶活性等生理特性（Bowen et al., 2022）。肖满（2023）的研究表明，穴贮

砖能显著提高植株不同土壤中土壤含量；此外，由于穴贮砖原料中含腐熟的有机肥料，在和土壤微生物作用时产生大量 CO<sub>2</sub> 等气体，降低了土壤 pH 值，提高了土壤中微量元素的利用效率，有利于植株根系的吸收利用。盐碱基质和局部施肥中植物和土壤的吸收量、肥料吸附率和土壤颗粒饱和度。局部施肥可以保证植物生育期更好的肥料供应（亓翠玲等，2016）。

### 1.1.5 土壤磷素吸附和转化的研究现状

磷大量贮存在植物土壤中，但由于磷在土壤中再矿化过程中的流动性和溶解性较低，植物在生长发育过程中难以直接吸收利用磷（龙孟杰，2022）。磷肥的使用能显著提升植株土壤速效养分的含量及吸收转化。（郭玉冰，2020）。相关研究表明，土壤磷的利用效率取决于土壤中磷的形态、土壤中磷的吸附性和解吸性以及土壤中溶磷微生物的种类和活性（Zhang et al., 2023）。而土壤磷积累将土壤磷转化为有效磷的能力可以通过土壤磷的有效效率反映出来，土壤磷的结合能力越弱，土壤磷的有效效率越高（展晓莹，2016）。王军武（2021）通过穴贮滴灌技术和加气灌溉技术研究了不同处理方法对无花果土壤磷的吸收转化效果，结果表明穴贮滴灌技术能有效提高无花果土壤对磷的深层吸收转化效率，且在根际通气后效果更好。王静（2023）通过研究各种影响因素对土壤磷吸收转化的影响，发现影响土壤有效磷效率的因素主要包括土壤磷池中活性磷的各种相互转化环境、土壤酶活性和土壤含水量等。土壤中除有机磷和无机磷外，还可分为不同的磷存在类型，不同形态的磷，对植物的影响作用也不同。而且磷的活性也不同，高活性形式的磷更容易被植物吸收利用（姚欢丽，2023）。

新疆是中国梨产业的重要基地，主产区位于南疆地区。而和田地区光热资源丰富，耕地面积大，但沙质土壤条件成为当地优质果树的生产管理是重要的制约因素。因此，合理利用水肥是保证果树丰产、稳产、优质的重要措施。土壤肥力是评估土壤能否持续供应植物养分的重要依据（郭丽，2020）。施肥是种植优质、高产果树的重要技术措施。随着果树科技进步和产业化发展，果树施肥的创新性越来越重要（Carlson et al., 2023）。

本试验研究中的使用的穴贮砖就是以穴贮的形式将有机肥及一些保水保肥材料制成砖的形式穴施于果树的根区。使果树根区实现省肥省水，提高水肥利用率，优质高效生产，拟在为果树在沙地条件下进行穴贮肥水灌溉提供一种新思路。