

滴灌枣树水肥一体化对土壤养分动态的影响

水涌¹, 卜东升¹, 陈玲¹, 刘泽辉², 张涛¹, 邵延慧¹, 焦润兴¹, 张玉萍¹, 刘红¹

¹新疆生产建设兵团第一师农业科学研究所, 新疆 阿拉尔

²新疆阿拉尔国家农业科技园区, 新疆 阿拉尔

收稿日期: 2022年1月20日; 录用日期: 2022年2月16日; 发布日期: 2022年2月22日

摘要

滴灌枣树在一定水分条件下, 不同肥料配比的土壤养分变化特征, 为枣树合理施肥提供理论参考。以7~9年骏枣为研究对象, 氮磷钾不同的施肥配比, 于萌芽新梢期、花期、坐果期、成熟期滴施; 并于花期、坐果期、成熟期取土检测水解性氮含量、有效磷含量、速效钾含量。试验结果表明枣树在坐果期对土壤氮肥需求最高; 花期和成熟期需要充足的磷素满足枣树的生殖生长; 花期、坐果期需要大量的钾素, 尤其在坐果期更要加大钾肥的施入。依据养分变化与产量分析, 枣树在混合田间持水量(萌芽期60%, 花期、坐果期60%~75%, 成熟期55%)作为滴水下限控制指标时, 优化出合理施肥方案, 其最佳施肥组合处理5纯氮375 Kg/hm², 五氧化二磷243.75 Kg/hm², 氧化钾303.75 Kg/hm² (比例为1:0.65:0.8)产量最高。

关键词

枣树, 滴灌, 土壤养分, 施肥方案

Effect of Water and Fertilizer Integration of Jujube Trees under Drip Irrigation on Soil Nutrient Dynamics

Yong Shui¹, Dongsheng Pu¹, Ling Chen¹, Zehui Liu², Tao Zhang¹, Yanhui Shao¹, Runxing Jiao¹, Yuping Zhang¹, Hong Liu¹

¹Institute of Agricultural Sciences, Agricultural Division 1, Xinjiang Production and Construction Corps, Alar Xinjiang

²Alaer National Agricultural Science and Technology Park, Alaer Xinjiang

Received: Jan. 20th, 2022; accepted: Feb. 16th, 2022; published: Feb. 22nd, 2022

文章引用: 水涌, 卜东升, 陈玲, 刘泽辉, 张涛, 邵延慧, 焦润兴, 张玉萍, 刘红. 滴灌枣树水肥一体化对土壤养分动态的影响[J]. 农业科学, 2022, 12(2): 106-113. DOI: 10.12677/hjas.2022.122016

Abstract

The change characteristics of soil nutrients under drip irrigation jujube under certain water conditions and different fertilizer ratios provide a theoretical reference for rational fertilization of jujube. Taking 7-year-old Jun Jujube as the research object, different fertilization ratios of N, P and K were applied dropwise at the germination and new shoot stage, flowering stage, fruit setting stage and mature stage. The contents of hydrolytic nitrogen, available phosphorus and available potassium were measured at flowering, fruit-setting and mature stages. The results showed that jujube trees needed the most nitrogen fertilizer in the fruit-setting stage, enough phosphorus in the flowering and mature stages to satisfy the reproductive growth of jujube trees, and a large amount of potassium in the flowering and fruit-setting stages, especially in the fruit-bearing period to increase the application of potassium fertilizer. According to the analysis of nutrient change and yield, the water holding capacity of Jujube in mixed field (60% at germination stage, 60%~75% at flowering and setting stage, and 55% at maturity stage) was used as the control index of the lower limit of drip water. The optimum fertilization combination treatment was deal with 5 pure nitrogen 375 kg/hm², tetraphosphorus decaoxide 243.75 kg/hm², potassium oxide 303.75 kg/hm² (1:0.65:0.8) had the highest yield.

Keywords

Jujube Tree, Drip Irrigation, Soil Nutrient, Fertilization Scheme

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

枣树原产我国[1], 在我国栽培历史悠久, 是我国特有的经济树种之一[2]。新疆红枣种植面积 20 万 hm² 左右, 占全国红枣种植总面积的近三分之一, 位居第一, 产量占全国总产量的 50% 以上, 是当地农民增收的重要途径[3] [4]。近几年, 随着枣树化肥用量不断增加, 造成土壤退化和一系列的环境问题。另一方面, 阿拉尔垦区水资源日益匮乏, 提高农田水分利用效率和肥料利用率成为农业生产中急需解决的问题, 而枣树滴灌水肥调控技术的不完善, 一定程度上制约了水肥生产效率的提高, 枣树生产中急需完善可靠的滴灌水肥调控技术[5] [6]。本试验研究滴灌枣树在不同肥料配比处理下的土壤养分特征, 因地制宜地调节水分和肥料, 使水肥产生协同作用, 达到“以水促肥”和“以肥促水”的目的, 实现枣树生产节水节肥和稳产高效, 为枣树产业的可持续发展提供科学施肥依据。

2. 材料与方法

2.1. 试验地概况

试验在新疆阿拉尔农科所枣园进行, 该试验地位于塔里木河冲积平原二级阶地, 平均海拔 1100 米, 属暖温带大陆干旱荒漠气候区, 年均气温 10.7℃, ≥10℃积温 4113℃, 无霜期 220 天, 年日照 2900 余小时, 多年平均降水量为 67 mm, 平均蒸发量 2110 mm。土壤属灌耕草甸土, 质地为壤土, 试验地肥力中等偏低。枣树地 0~30 cm 土壤基础养分为: 有机质 7.83 g·kg⁻¹, 水解性氮 56.2 mg·kg⁻¹, 有效磷 30.4 mg·kg⁻¹,

速效钾 $93 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，全盐量 $1.6 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，pH 值 8.98。0~60 cm 土壤容重平均为 $1.4 \text{ g}/\text{cm}^3$ ，土壤田间持水量平均 24.4% (体积含水量)。

2.2. 供试肥料

尿素含 N 46%；重过磷酸钙(三料)：含 P_2O_5 46%；硫酸钾(颗粒)：含 K_2O 40%；硫酸钾(粉末)：含 K_2O 50%；肥滴溉：含磷 50%钾 4%。

2.3. 供试作物

枣树：试验枣园中骏枣株距 1.2 m，行距 1.5 m，约 370 株/亩。树龄为 7~9 年生嫁接苗。

2.4. 试验设计

试验分两年完成。共设 11 个处理：处理 1：无肥；处理 2：无氮(不施氮肥、磷钾与常规同)；处理 3：减氮 1/2 (磷钾与常规同)；处理 4：常规 (氮磷钾比例为 1:0.48:0.64)；处理 5：氮磷钾比例为 1:0.65:0.8；处理 6：无磷(氮钾与常规同)；处理 7：减磷 1/2 (氮钾与常规同)；处理 8：无钾(氮磷与常规同)；处理 9：减钾 1/2 (氮磷与常规同)；处理 10：增钾 3/2 (氮磷与常规同)；处理 11：增氮 3/2 (磷钾与常规同)；每个处理重复 2 次。每个处理 0.47 亩，顺序对比排列。处理基肥种类相同，除施肥量的不同外，其它农业措施全部相同。

灌溉方式为滴灌，用单翼迷宫式滴灌带，滴孔距 20 cm，流量 3.6 L/h，生育期施肥采用滴灌随水施肥的方式。于春灌后第一次滴水前在试验地不同方位取 0~60 cm 的土样，每个点距树 50 cm，分六层 2~7 cm, 15~20 cm, 20~25 cm, 35~40 cm, 40~45 cm, 55~60 cm 测土壤容重。0~60 cm 土壤容重平均为 $1.4 \text{ g}/\text{cm}^3$ ，土壤田间持水量平均 24.4% (体积含水量)。以体积含水量的平均值 24.4% 作为田间持水量。混合田间持水量(萌芽期 60%，花期、坐果期 60%~75%，成熟期 55%)作为灌水下限控制指标，当各处理 0~60 cm 深度的平均体积含水量低于下限时，如在枣树萌芽期土壤体积含水量平均降到 17%~19% 开始灌水。生育期各处理灌水定额为 $450 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ，灌水总量在 $4950 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ，灌水次数 10~11 次。体积含水量的测定使用水分温度电导率测定仪每 7 天测定一次。不同处理滴肥分别采用文丘里吸肥器单独滴施。具体灌水施肥方案见表 1~3。肥料处理分别于萌芽新梢期、花期、坐果期、成熟期分 6 次随水滴施，从 5 月至 8 月中旬结束。田间管理除施肥处理不同外，其它管理措施一致。

2.5. 试验数据采集

试验在每个小区选取主干粗度、枝条数、枝条粗度相对一致、无病虫害、结果正常的 5 株枣树，树周取 0~30 cm 多点混合土壤样品，依据 LY/T 1228-2015《森林土壤氮的测定》测定土壤水解性氮含量、LY/T 1232-2015《森林土壤磷的测定》测定有效磷含量、LY/T 1234-2015《森林土壤钾的测定》测定速效钾含量。同时进行生长性状和产量调查，取平均值。

Table 1. Treatment of plot experiment and irrigation amount in growth period

表 1. 小区试验处理及生育期灌水量

田间持水量下限	相应的体积 含水量下限%	平均灌水次数 (次)	灌水定额 (m^3/hm^2)	总量 (m^3/hm^2)
混合田间持水量	13~15.5, 17~19, 18~20.5	10~11	450	4950

注：混合田间持水量：萌芽期 60% (体积含水量下限 17~19)，花期、坐果期 60%~75% (体积含水量下限 18~20.5)，成熟期 55% (体积含水量下限 13~15.5) 作为灌水下限控制指标。

Table 2. Treatment of plot experiment and fertilizer application amount
表 2. 小区试验处理及施肥量

处理	各生育去总用量(kg/亩)			基肥用量(kg/亩)			生育期滴肥总量(kg/亩)		
	纯氮	P ₂ O ₅	K ₂ O	尿素	三料	硫酸钾 (颗粒)	尿素	肥滴溉	硫酸钾 (粉末)
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	12	16	0	20.87	28	0	4.8	9.2
3	10	12	16	10.9	20.87	28	10.9	4.8	9.2
4	25	12	16	27.2	20.87	28	27.2	4.8	9.2
5	25	16.25	20.25	27.2	20.87	28	27.2	13.3	17
6	25	0	16	27.2	0	28	27.2	0	9.2
7	25	6	16	27.2	10.43	28	27.2	2.4	9.2
8	25	12	0	27.2	20.87	0	27.2	4.8	0
9	25	12	8	27.2	20.87	14	27.2	4.8	4.4
10	25	12	24	27.2	20.87	35	27.2	4.8	11.6
11	37.5	12	16	40.8	20.87	28	40.8	4.8	9.2

Table 3. Plot experiment fertilizer drop during growth period (Kg/0.47 mu)
表 3. 小区试验生育期滴肥量(Kg/0.47 亩)

处理	滴肥日期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
氮肥 (尿素)	5月8日	0	0	1.27	2.54	2.52	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	3.82	
	6月6日	0	0	1.5	3	2.98	3	3	3	3	3	4.51	
	6月23日	0	0	0.43	0.86	0.85	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	1.29	
	7月14日	0	0	0.43	0.86	0.85	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	1.29	
	7月29日	0	0	0.86	1.71	1.7	1.71	1.71	1.71	1.71	1.71	1.71	2.57
	8月11日	0	0	1.29	2.57	2.55	2.57	2.57	2.57	2.57	2.57	2.57	3.86
磷肥 (肥滴溉)	5月8日	0	0.22	0.22	0.22	0.62	0	0.11	0.22	0.22	0.22	0.22	
	6月6日	0	0.34	0.34	0.34	0.94	0	0.17	0.34	0.34	0.34	0.34	
	6月23日	0	0.45	0.45	0.45	1.26	0	0.23	0.45	0.45	0.45	0.45	
	7月14日	0	0.45	0.45	0.45	1.26	0	0.23	0.45	0.45	0.45	0.45	
	7月29日	0	0.34	0.34	0.34	0.94	0	0.17	0.34	0.34	0.34	0.34	
	8月11日	0	0.34	0.34	0.34	0.94	0	0.17	0.34	0.34	0.34	0.34	
钾肥 (硫酸钾)	5月8日	0	0.26	0.26	0.26	1.02	0.26	0.26	0	0.13	0.32	0.26	
	6月6日	0	0.66	0.66	0.66	1.23	0.66	0.66	0	0.33	0.81	0.66	
	6月23日	0	0.66	0.66	0.66	1.22	0.66	0.66	0	0.33	0.81	0.66	
	7月14日	0	0.66	0.66	0.66	1.22	0.66	0.66	0	0.33	0.81	0.66	
	7月29日	0	0.89	0.89	0.89	1.65	0.89	0.89	0	0.45	1.08	0.89	
	8月11日	0	0.89	0.89	0.89	1.65	0.89	0.89	0	0.45	1.08	0.89	

3. 结果与分析

3.1. 不同处理对土壤水解性氮的影响

试验表明, 在枣树的各个物候期, 混合田间持水量作为滴水下限控制指标时, 施入不同氮肥处理, 土壤中水解性氮含量差异显著, 土壤中水解性氮含量变幅为 25.1~75.6 mg/Kg (见表 4)。

枣树在新梢期、花期、坐果期是氮肥的施肥关键期[7]。枣树过高的氮肥施入, 易造成枝叶旺长, 结果减少, 影响产量。过低的氮肥造成树势衰弱。从图 1 可以看出, 枣树坐果期与花期和成熟期比土壤中的水解性氮含量显著降低, 说明枣树在坐果期对土壤氮肥需求最高, 这和枣树生育期的需肥规律一致。坐果期是对氮的需求的旺盛期, 土壤水解性氮含量都有不同程度的降低, 处理 5 土壤水解氮含量为 48.4 mg/Kg 含量最高, 与其它处理差异显著, 能满足枣果的生长需求。

3.2. 不同处理对土壤有效磷的影响

试验表明, 在枣树的各个物候期, 混合田间持水量作为滴水下限控制指标时, 施入不同磷肥处理, 土壤中有效磷含量差异显著, 土壤中有效磷含量变幅为 30.6~80.1 mg/Kg (见表 4)。

从图 2 可以看出, 其一, 枣树坐果期、花期和成熟期土壤中的有效磷含量有升有降, 这和磷在土壤中的缓慢释放有关, 说明枣树在花期、坐果期、成熟期都需要补充一定的磷来满足枣树生长需要。其二, 处理 4 和处理 5 在枣树在花期、坐果期、成熟期土壤有效磷含量相比, 坐果期处理 4 和处理 5 土壤有效磷含量分别为 74.8 mg/Kg 和 80.1 mg/Kg, 花期处理 4 和处理 5 土壤有效磷含量分别为 60.1 mg/Kg 和 53.0 mg/Kg, 成熟期处理 4 和处理 5 土壤有效磷含量分别为 62.2 mg/Kg 和 59.8 mg/Kg, 处理 4 和处理 5 土壤有效磷含量在坐果期显著升高, 说明枣树在坐果期对土壤磷肥需求不多; 在花期和成熟期对土壤磷肥需求多。枣树在花期和成熟期需要充足的磷肥满足枣树的生殖生长, 这和枣树生育期的需肥规律一致。

Table 4. Differences of soil nutrient dynamics and effects of different treatments on yield

表 4. 不同处理对土壤养分动态的差异性及产量影响

处理	盛花期			坐果期			成熟期			产量 Kg/hm ²
	水解性氮 mg/Kg	有效磷 mg/Kg	速效钾 mg/Kg	水解性氮 mg/Kg	有效磷 mg/Kg	速效钾 mg/Kg	水解性氮 mg/Kg	有效磷 mg/Kg	速效钾 mg/Kg	
1	41.5c	37.5c	88.4c	25.1b	35.1c	81.0b	33.5b	30.6d	64.1b	6165f
2	45.1c	42.8c	109bc	27.3b	48.2b	97ab	35.6b	40.6cd	116a	7728f
3	48.7c	46.3c	127ab	35.5ab	42.5b	104ab	38.2b	50.3c	123a	8340ef
4	71.0ab	60.1b	138ab	45.7ab	74.8a	120a	75.6ab	62.2b	135a	11458b
5	69.4ab	53.0bc	122ab	48.4a	80.1a	136a	50.6b	59.8bc	145a	14149a
6	44.6c	45.5c	118b	33.5b	38.7bc	112a	41.3b	36.2cd	128a	8880de
7	52.6c	50.9bc	124ab	38.2ab	40.8bc	108ab	48.1b	40.2cd	130a	9345d
8	57.2b	43.6c	92c	30.2b	48.8b	75.3b	54.9b	47.4cd	76.0ab	7984f
9	56.8bc	46.8c	109bc	35.4b	52.8b	90.0ab	58.2b	51.2c	86ab	8719e
10	60.6b	55.6b	144a	41.1ab	65.2a	140a	63.9b	70.6a	166a	10428c
11	73.4a	69.4a	120ab	42.9ab	58.4ab	110a	85.8a	76.1a	118a	10381c

注: 同一列不同小写字母表示在 $P < 0.05$ 水平差异显著。

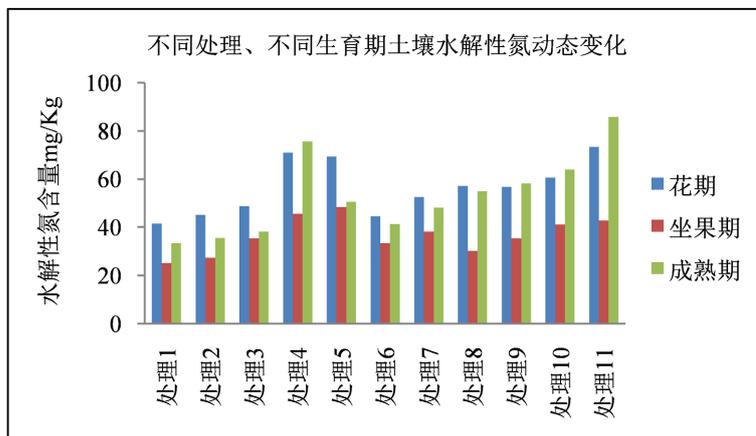


Figure 1. Dynamic changes of soil hydrolyzable nitrogen in different treatments and different growth stages

图 1. 不同处理、不同生育期土壤水解性氮动态变化

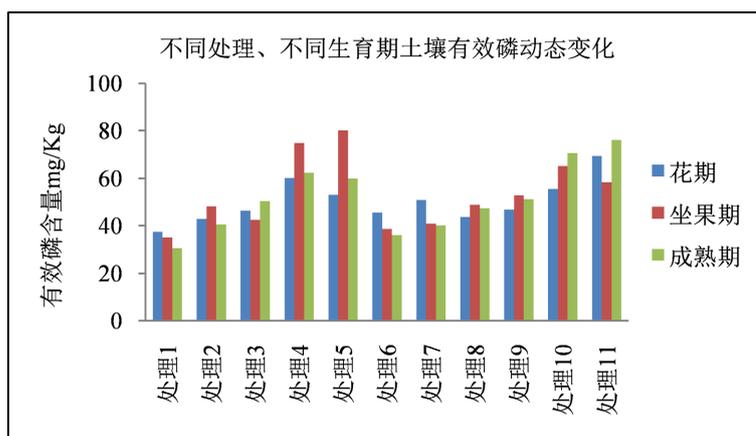


Figure 2. Dynamic changes of soil available phosphorus under different treatments and different growth stages

图 2. 不同处理、不同生育期土壤有效磷动态变化

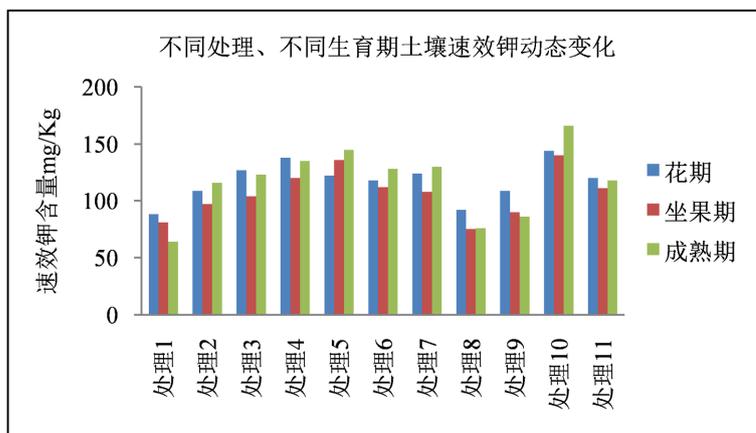


Figure 3. Dynamic changes of soil available potassium in different treatments and different growth stages

图 3. 不同处理、不同生育期土壤速效钾动态变化

3.3. 不同处理对土壤速效钾的影响

试验表明, 在枣树的各个物候期, 混合田间持水量作为滴水下限控制指标时, 施入不同钾肥处理, 土壤中有效钾含量差异显著, 土壤中速效钾含量变幅为 75.3~145 mg/Kg (见表 4)。

枣树是喜钾的植物, 钾肥能提高果品质量, 钾肥施入过多(处理 10), 造成浪费。施入过少(处理 8), 影响产量和品质。从图 3 可以看出, 土壤速效钾含量在坐果期都有一定的下降, 说明枣树在坐果期对钾的需求大, 这和枣树生育期的需肥规律一致。土壤中速效钾含量随着枣树生育期的推进都有升高趋势, 在成熟期土壤中速效钾含量都有不同程度的积累。在合理的施肥范围内处理 5 表现最佳。

3.4. 不同处理对土壤养分动态的差异性

从试验可看出, 混合田间持水量作为滴水下限控制指标时, 不同的肥料处理改变了土壤养分环境, 影响了土壤养分含量, 水肥一体化效应对土壤水解性氮、有效磷含量、速效钾含量达到显著性水平($P < 0.05$), 水肥一体化效应对产量影响达显著性水平($P < 0.05$)。在枣树的各个物候期, 枣树在坐果期对土壤氮肥需求最高。土壤氮素的消耗呈现花期和成熟期少, 坐果期高的趋势, 这和枣树生育期的需肥规律一致。在坐果期增加对氮素的供应, 这和权丽双学者的研究一致[8]。土壤氮素的基肥施用占全生育期的 45% (见表 5), 同时补充新梢期所需养分。土壤中磷素多数以基肥深施, 基肥施用占全生育期的 70%, 因其释放移动缓慢, 在枣树各物候期都需要补充一定的磷来满足枣树生长需要, 尤其在花期和成熟期需要充足的磷素满足枣树的生殖生长。土壤钾素基肥施用占全生育期的 55%, 钾素能提高枣树果实品质, 在花期、坐果期需要大量的钾素, 尤其在坐果期更需要加大钾肥的施入。红枣在花期、坐果期是需水需肥关键时期, 需保证充足的水肥供应, 这和王振华学者的研究一致[9]。在各处理中表现最好的施肥量处理 5 纯氮 375 Kg/hm², 五氧化二磷 243.75 Kg/hm², 氧化钾 303.75 Kg/hm² (比例为 1:0.65:0.8)产量最高, 增产最显著, 亩产 1000 公斤鲜枣。以上是土壤为壤土或黏土的施肥情况, 如果土壤是沙土, 水肥易流失, 施基肥不超过全生育期总量的 40%为宜, 在各生育期滴肥遵循少量多次为原则, 以满足枣树生产发育要求。同时枣树要长期连续施用有机肥, 以增加土壤有机质, 增加土壤的保肥保水能力, 可以保持枣树常年稳定的产量、优质的产品 and 健壮 的 树 体[10]。

Table 5. Rational fertilization scheme for jujube trees

表 5. 枣树合理施肥方案

全生育期	新梢期	花期	坐果期	成熟期	基肥用量	合计
施氮占施肥总量%	10	5	35	5	45	100
施磷占施肥总量%	5	10	5	10	70	100
施钾占施肥总量%	5	10	25	5	55	100

4. 结论

1) 试验结果表明枣树在坐果期对土壤氮肥需求最高; 花期和成熟期需要充足的磷素满足枣树的生殖生长; 花期、坐果期需要大量的钾素, 尤其在坐果期更要加大钾肥的施入。

2) 枣树过高的氮肥施入, 易造成枝叶旺长, 结果减少, 影响产量; 过低的氮肥造成树势衰弱。枣树在花期、坐果期、成熟期都需要补充一定的磷来满足枣树生长需要。枣树是喜钾的植物, 钾肥能提高果品质量, 钾肥施入过多, 造成浪费。施入过少, 影响产量和品质。

3) 土壤氮素的基肥施用占全生育期的 45%; 土壤中磷素多数以基肥深施, 基肥施用占全生育期的

70%；土壤钾素基肥施用占全生育期的 55%。

4) 综合不同处理对土壤养分影响,混合田间持水量(萌芽期 60%,花期、坐果期 60%~75%,成熟期 55%)作为滴水下限控制指标时,最佳施肥组合处理 5 纯氮 375 Kg/hm²,五氧化二磷 243.75 Kg/hm²,氧化钾 303.75 Kg/hm² (比例为 1:0.65:0.8)产量最高。

5. 讨论

本试验枣树亩株数 370 株左右,密植情况下[11],不同处理对土壤养分影响的分析结果表明,在一定水分条件下,枣树各生育期滴灌条件下水肥存在明显的耦合效应,高肥区域土壤养分含量并未最高,产量未达最佳,而是混合田间持水量(萌芽期 60%,花期、坐果期 60%~75%,成熟期 55%),亩需纯氮 23~25 Kg,五氧化二磷 15~16 Kg,氧化钾 18~20 Kg,氮:磷:钾比例为 1:0.65:0.8 处理,土壤养分累积效果最佳,产量最高,可达亩产 1000 kg。当枣园土壤肥力低下,枣树密度大时,应适当加大施肥量,同时应持续施用有机肥,增加土壤有机质含量。今后要深入研究不同水肥耦合下土壤养分动态的变化,应做长期定位试验,并结合多阶段取样分析进行深入研究。

基金项目

新疆建设兵团第一师科技项目“阿拉尔垦区滴灌条件下红枣水肥耦合效应研究示范”(2016TF03)。

参考文献

- [1] 曲泽州,王永蕙. 中国果树志·枣卷[M]. 北京: 中国林业出版社, 1993: 2-6.
- [2] 解进宝,解秉旭. 枣树丰产栽培管理技术[M]. 北京: 中国林业出版社, 1998: 2-3.
- [3] 初乐,吴茂玉,朱风涛,等. 新疆地区红枣产业现状及发展建议[J]. 农产品加工学刊, 2012(4): 110-113.
- [4] 王雨,李占林,斯琴,王允栋. 新疆枣产业现状及发展建议[J]. 落叶果树, 2020, 52(3): 28-30.
- [5] 刘国宏,谢香文,蒋岑. 干旱区不同水分指标下限对成龄红枣生长和产量的影响[J]. 新疆农业科学, 2011, 48(1): 94-98.
- [6] 玉苏甫·买买提,阿娜尔古丽·拜克热,阿丝叶·阿布都力米提. 新疆红枣产业发展现状及问题对策[J]. 安徽农学通报, 2015, 21(14): 11-13+41.
- [7] 陈贻金,等. 中国果树学概论[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1991: 202-204.
- [8] 权丽双,王振华,何新林,何建斌. 水肥耦合对极端干旱区滴灌大枣土壤养分的影响[J]. 农学学报, 2015, 5(8): 52-58.
- [9] 王振华,扁青永,李文昊,李朝阳. 南疆沙区成龄红枣水肥一体化滴灌的水肥适宜用量[J]. 农业工程学报, 2018, 34(11): 96-104.
- [10] 尹飞虎,等. 滴灌-随水施肥技术理论与实践[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2013: 263-274.
- [11] 陈万启. 提高大枣产量和品质的技术措施[J]. 河北果树, 2014(5): 40-41.