植物营养与肥料学报 2012,18(1):169 -175
Plant Nutrition and Fertilizer Science

矮密栽培红枣树生物量及养分积累动态研究

王 泽[1], 盛建东[1*], 陈波浪[1], 李建贵[2]
(1 新疆农业大学草业与环境科学学院,新疆乌鲁木齐 830052; 2 新疆农业大学林学与园艺学院,新疆乌鲁木齐 830052)

摘要: 以矮密栽培模式下 5 年树龄红枣树为研究对象,在枣树不同生育期内,采用刨根、分解取样和室内常规分析的方法,研究红枣树生物量及养分积累动态变化规律。结果表明, 年周期内红枣树生物量净增加 2090.1 g,全年果实干物质量增加了 1177.2 g,占全年净增生物量的 56.3%。果实膨大期是整株生物量积累最快的时期,其积累速率为 21.80 g/d。土壤剖面 10—20 cm 土层根系氮磷钾元素含量普遍高于其他层根系,主根最大氮、磷、钾元素含量分别为 13.81、6.41、11.61 g/kg;侧根最大氮、素、钾元素含量分别为 10.20、4.91、12.90 g/kg。整株枣树在各时期氮素、磷素、钾素积累量大小顺序均为果实成熟期 > 果实膨大期 > 幼果期 > 开花期 > 萌芽前期。植株氮素、磷素、钾素积累大小顺序为钾 > 氮 > 磷,每生产 1000 kg 红枣果实,需要吸收氮、磷和钾素分别为 21.03、8.60 和 31.92 kg。

关键词: 矮密栽培; 红枣树; 生物量; 养分积累
中图分类号: S665.1; S606+.2　　**文献标识码**: A　　**文章编号**: 1008-505X(2012)01-0169-07

Study on biomass and nutrient accumulation of *Zizyphus jujube* tree under dwarfing and high density culture

Wang Ze[1], SHENG Jian-dong[1*], CHEN Bo-lang[1], Li Jian-gui[2]
(*1 College of Grassland and Environment Sciences, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China*
2 College of Forestry and Horticulture, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

Abstract: *Zizyphus jujube* trees at age of five under dwarfing and high density cultivation are selected to study the dynamic changes of nutrient accumulation. The outdoor sampling and general analysis method indoor were adopted to carry out the research. The results show that the net increase of *Zizyphus jujube* tree biomass and the accumulated amount of dry fruit weight are 2090.1 g and 1177.2 g respectively in annual period, which account for 56.3% of the annual net increase of biomass. The fastest accumulation period of *Zizyphus jujube* biomass is at the fruit expanding stage and the accumulate rate is 21.80 g/d. The N, P and K contents of the root system in 10-20 cm soil layer are higher than those of other soil layers. The N, P and K contents of the taproots are 13.81 g/kg, 6.41 g/kg and 11.61 g/kg in 10-20 cm soil layer, and those of the lateral roots are 10.20 g/kg, 4.91 g/kg and 12.90 g/kg. The accumulation amounts of whole *Zizyphus jujube* trees at various periods are in order: fruit harvest stage > fruit expanding stage > young fruit stage > flower stage > early bud stage. The sequence of the nutrient accumulation in the whole plants is K > N > P. To attain 1000 kg economic yield, *Zizyphus jujube* trees should uptake N 21.03 kg, P 8.60 kg and K 31.92 kg.

Key words: dwarfing and high density culture; *Zizyphus jujube* tree; biomass; nutrient accumulation

红枣(*Zizyphus jujube*)又称中华大枣、枣、华枣,为鼠李科(*Rhamnaceae*)枣属植物—枣树(*Zizyphus jujube* Mill.)的成熟果实,与桃、杏、李、栗一起并称为我国的"五果"[1]。枣树是我国特有的经济树种,

收稿日期: 2011-07-09　　**接受日期**: 2011-10-20
基金项目: 自治区科技厅支撑计划课题(201031103)、自治区科技厅条件平台建设项目(PT1009)、国家林业局重点推广项目(2010TK77)、新疆自治区土壤学、森林培育重点学科资助。
作者简介: 王泽(1984—),男, 新疆昌吉人,硕士研究生,从事土壤与植物营养相互作用方向的研究。E-mail: wffengzhizi@sina.com
* 通讯作者 E-mail: sjd_2004@126.com

具有易于栽培、适应性强、结果早、收益快、市场前景好的特点。新疆南疆地区具有独厚的水土光热资源,昼夜温差大,光照时间长,为红枣的增产丰收提供了有利条件。根据新疆林果业战略发展规划,在塔里木盆地建成67万 hm^2 以上的林果基地,提出到2020年新疆特色林果面积达100万 hm^2,年产果品 2000×10^4 t 以上,使林果业成为新疆农村经济的支柱产业[2]。

目前有关红枣树施肥的研究主要集中在提高产量和品质等方面,如常兴秋等[3]研究,每株枣树全年施肥N 1.2 kg、P_2O_5 0.7 kg、K_2O 0.95 kg,较常规施肥平均增产3.36 kg/plant;据邹耀湘等[4]研究得出,12年生红枣树施用配方肥后,总酸变化范围在3.47%～4.10%之间,可溶性还原糖变化范围在59.93%～67.71%之间,维生素C含量变化范围在79.7～103.8 mg/kg。在新疆绿洲灌溉条件下,有关施肥配比对红枣树体养分积累的研究报道不多,尤其是对矮密栽培模式下红枣树养分积累方面还缺乏研究。

本文以矮密栽培模式下5年树龄红枣树为研究对象,进行红枣树生物量及养分吸收规律研究,为指导红枣树科学合理施肥、提高肥料利用率、增加农民收益提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于2010年在新疆阿克苏地区新和县渭干乡哈尼克哈塔木村2组(41°31′40″N,82°28′15″E)枣园进行,海拔1025.9 m。地处亚欧大陆腹地的塔里木河畔附近,受塔克拉玛干沙漠的影响,属典型的大陆性极端干旱荒漠气候类型,光照充足、热量丰富,平均年降水量43.8 mm左右,年蒸发量2118.6 mm,相对空气湿度53%,年均总辐射9652 MJ/m^2,年均气温10.8℃,≥10℃活动积温约为4126.3℃,极端最低气温-29.5℃,无霜期约为208 d。供试土壤质地为砂壤,土壤pH值为8.5,容重1.20 g/cm^3,有机质7.23 g/kg,全氮0.52 g/kg,全磷1.41 g/kg,全钾6.12 g/kg,碱解氮21.48 mg/kg,速效磷10.50 mg/kg,速效钾144.5 mg/kg。

供试红枣(*Zizyphus jujube*)品种为5年树龄的骏枣,砧木为酸枣,株行距为0.25 m×4 m,8880株/hm^2。采用随机区组设计,重复3次,小区面积40 m^2。试验选取主干粗度、枝条数、枝条粗度相对一致、无病虫害、结果正常的15株红枣树挂牌标记,作为试材。施肥方式为辐射状沟施,施肥深度为40 cm;每株基施(3月15日)纯N、P_2O_5、K_2O 分别为0.023、0.046、0.011 kg,开花期(5月15日)追施纯N 0.017 kg/plant,果实膨大期(8月5日)追施纯N 0.017 kg/plant,全园管理方式相同。

1.2 样品采集与测定

植株采样时间分别为萌芽前期(3月20日)、开花期(5月22日)、幼果期(7月7日)、果实膨大期(8月9日)和果实成熟期(10月15日)。每次取样是以单株为单位,整株采样,重复3次,采完后用不锈钢刀分离,再按根、茎(主干和枝条)、叶和果实收集装袋。根系分层收集,即土壤剖面0—10 cm、10—20 cm、>20 cm三层,收集装袋后称各器官鲜重,之后将植株样品剪碎,在100～105℃下杀青15 min,再以80℃烘干至恒重后称干重,粉碎过筛。

土壤pH值用水浸提(水土比为1∶1)电位法测定,用环刀法测定土壤容重,用硫酸重铬酸钾外加热法测定有机质,土壤全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷、速效钾的测定方法均参照《土壤农业化学常规分析方法》[5]进行,

植株用 $H_2SO_4-H_2O_2$ 进行消解后,用凯氏定氮仪测定植株全氮含量,用钒钼黄比色法测定植株全磷含量,用火焰光度计法测定植株全钾含量[5]。

1.3 数据处理

试验所得数据均为3次重复的平均值。数据用SPSS 17.0(SPSS institute 2005)进行方差分析,所有的差异显著性分析均采用新复极差法(SSR)在 $P<0.05$ 水平上进行检验。

2 结果与分析

2.1 红枣树干物质积累动态变化

2.1.1 红枣树干物质积累量 由表1可知,红枣树各器官干物质积累量及植株总生物量均随生育期的推进而增加,年周期内红枣树生物量净增加2090.1 g。果实成熟期是红枣树生物量积累最大的时期,整株生物量增加了735.3 g,占全年净增生物量的35.2%。成熟期各器官的干物质积累量最大,分别占总生物量的13.3%、26.1%、14.6%、46.0%。不同生育期各器官干物质积累量表现不一致,果实成熟期根中干物质积累量较萌芽前期增加了155.6%,差异显著;茎的干物质积累有利于营养物质的运输,除了开花期外,各生育期茎的干物质积累量差异显著,原因是枣树具有花芽多次分化、花期长、花量大的特点,花期要不断地消耗养分,致使干物质积累量低。果实成熟期茎中干物质积累量较萌芽前期增加了98.6%;果

表 1　红枣树生长期各器官的干物质积累(g/plant)

Table 1　Dry matter accumulation in each organ of *Zizyphus jujube* tree at different growth stages

生育期 Growth stage	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf	果实 Fruit	总生物量 Total biomass
萌芽前期 EBS	132.7 c	336.3 d			469.0 d
开花期 FS	185.7 bc	414.7 c	181.3 c		781.7 cd
幼果期 YFS	236.3 abc	486.5 c	269.5 b	128.7 c	1120.0 c
果实膨大期 FES	291.5 ab	574.7 b	340.4 ab	634.3 b	1840.5 b
果实成熟期 FHS	339.2 a	668.2 a	374.5 a	1177.2 a	2559.1 a

注(Note):EBS—Early bud stage; FS—Flower stage; YFS—Young fruit stage; FES—Fruit expanding stage; FHS—Fruit harvest stage. 同列数据后不同字母表示差异达5%显著水平 Values followed by different letters in a column are significant at the 5% level.

实成熟期叶中干物质积累量较开花期增加了 1 倍之多,差异显著;对果树来说,果实是当年生物量增加的主要来源,成熟期果实干物质量增加了 1177.2 g,占全年净增生物量的 56.3%。

2.1.2　红枣树生长期各器官干物质积累速率　由(图 1)可知,红枣树生长期根、茎、果实的干物质积累速率均呈单峰曲线变化,最大干物质积累速率均出现在果实膨大期,最大干物质积累速率分别为 1.67、2.66、15.32 g/d。而叶的干物质积累速率呈双峰曲线变化,最大干物质积累速率出现在开花期,为 2.88 g/d。整株生物量的积累速率呈单峰曲线变化,最大干物质积累速率出现在果实膨大期,其积累速率为 21.80 g/d。可见,果实膨大期是红枣生长的关键时期,为了不影响这一时期枣树的正常生长,果实膨大的前期加大肥料的投入量,满足红枣树果品生长需求。

2.2　红枣树生长期各器官氮、磷、钾含量及动态变化

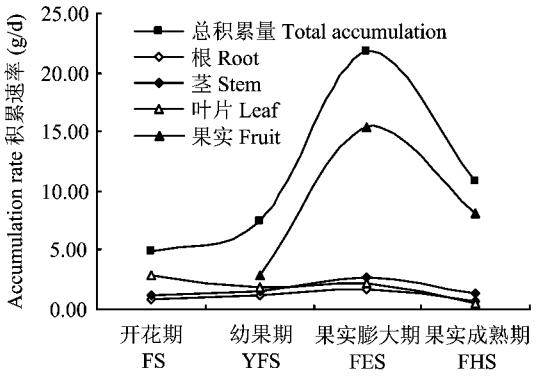

图 1　红枣树生长期各器官干物质积累速率

Fig. 1　Dry matter accumulation rate in each organ of *Zizyphus jujube* tree at different growth stages

[注(Note):FS—Flower stage; YFS—Young fruit stage; FES—Fruit expanding stage; FHS—Fruit harvest stage]

2.2.1　红枣树生长期各器官氮素含量及动态变化

植物生长过程中各器官所起的作用不同,因而对营养元素的需要量也不同,使得各器官营养元素的含量存在着明显差异。氮是植物体内几种重要有机化合物与细胞的重要成分[6]。由表 2 可知,从萌芽前期至果实成熟期,土壤剖面 0—10 cm 层根系的主、侧根氮素含量最高均出现在幼果期,分别为 12.34 和 8.52 g/kg,较萌芽前期高 38.8% 和 27.4%,差异显著;土壤剖面 10—20 cm 层根系的主、侧根氮素含量最高均出现在果实成熟期,分别为 13.81 和 10.20 g/kg,较开花期高 80.1% 和 80.9%,差异显著;土壤剖面 20 cm 以下根系中主根氮素含量最高出现在萌芽前期,为 10.10 g/kg,而侧根氮素含量变最高出现在幼果期为 9.42 g/kg。整个根系中 10—20 cm 层根系氮素含量普遍高于其他层次根系。各层根系的主、侧根氮素含量不一,这与施肥深度,以及主、侧根的生理特性有关。

各生育期茎中氮素含量变化不明显,仅在开花期(达最大值 16.99 g/kg)和幼果期(最小 11.92 g/kg)两者之间差异显著。从叶片氮素含量的变化中发现,在物候期重叠较多的花期和幼果发育前期,叶片中全氮的含量较低,为 16.46 g/kg,这是由于氮分配的不均衡性所引起的。在此期间,花果与叶片之间存在着激烈的氮竞争,竞争结果是氮优先满足花果的需要。由此可见,此期正是枣树的大量需氮期,若此期的氮供应不足,则会造成大量的落花、落果。各时期果实中氮素含量呈不断增加趋势,果实成熟期氮素含量最高为 21.03 g/kg,果实成熟期各器官中氮素含量大小顺序为:果实 > 叶 > 茎 > 根。

表2 红枣树生长期各器官中氮素含量(g/kg)

Table 2 The nitrogen content in each organ of *Zizyphus jujube* tree

部位 Parts			萌芽前期 EBS	开花期 FS	幼果期 YFS	果实膨大期 FES	果实成熟期 FHS
根 Root	0—10 cm	主根 Taproot	8.89 ±1.22 c	9.07 ±3.21 bc	12.34 ±8.01 a	8.97 ±0.95 c	10.58 ±0.99 b
		侧根 Lateral root	6.69 ±1.32 b	7.17 ±1.16 b	8.52 ±1.64 a	4.88 ±0.41 c	7.33 ±0.73 b
	10—20 cm	主根 Taproot	12.69 ±1.73 b	7.67 ±1.63 d	13.15 ±7.87 a	10.61 ±1.28 c	13.81 ±0.53 a
		侧根 Lateral root	5.87 ±1.38 c	5.64 ±3.46 c	9.81 ±8.29 b	5.53 ±1.30 c	10.20 ±1.93 a
	> 20 cm	主根 Taproot	10.10 ±0.92 a	7.28 ±2.27 c	7.57 ±3.17 c	8.36 ±0.28 b	8.15 ±0.47 b
		侧根 Lateral root	4.03 ±0.82 c	4.77 ±1.19 c	9.42 ±7.11 a	5.65 ±0.84 b	6.52 ±0.21 b
茎 Stem			16.71 ±0.20 a	16.99 ±3.04 a	11.92 ±0.87 b	15.17 ±0.34 a	16.0 ±1.09 a
叶 Leaf				23.17 ±2.41 a	16.46 ±3.22 b	24.94 ±1.32 a	22.71 ±0.61 a
果实 Fruit					17.30 ±0.63 c	19.88 ±2.73 a	21.03 ±0.53 a

注(Note): EBS—Early bud stage; FS—Flower stage; YFS—Young fruit stage; FES—Fruit expanding stage; FHS—Fruit harvest stage. 同行数据后不同字母表示差异显著($P<0.05$) Values followed by different letters in a row are significant at $P<0.05$.

2.2.2 红枣树生长期各器官磷素含量及动态变化

表3的结果显示,从萌芽前期至果实成熟期,土壤剖面0—10 cm土层根系的主、侧根磷素最大含量均出现在果实膨大期,分别为6.42和5.54 g/kg,是萌芽前期的1.8倍和1.7倍,差异显著。土壤剖面10—20 cm土层根系的主、侧根磷素最大含量也出现在果实膨大期,分别为6.41和4.91 g/kg,较萌芽前期高72.8%和50.6%,差异显著。土壤剖面20 cm以下根系主、侧根磷素最大含量也出现在果实膨大期,分别为6.87和5.15 g/kg。总体来看各层中主根的含量明显高于侧根,表明根系中主根是磷素积累的主要部位。从萌芽前期至果实成熟期,茎中磷素含量在果实膨大期时含量最高,为7.94 g/kg,与果实成熟期和萌芽前期相比差异显著。各生育期叶中磷素含量差异不明显,这可能与叶对磷素的吸收、利用有关。幼果期含量最高,为16.15 g/kg。果实中磷素含量变化随生育期的推进呈降低趋势,成熟期磷素含量最低,为8.60 g/kg,较幼果期降低了35.9%,差异显著。各器官中磷素含量的大小顺序为:叶>果实>茎>根。

表3 红枣树生长期各器官中磷素含量(g/kg)

Table 3 The phosphorus content in each organ of *Zizyphus jujube* tree

部位 Parts			萌芽前期 EBS	开花期 FS	幼果期 YFS	果实膨大期 FES	果实成熟期 FHS
根 Root	0—10 cm	主根 Taproot	3.59 ±0.57 d	4.34 ±0.59 c	5.83 ±0.26 b	6.42 ±0.50 a	4.43 ±0.23 c
		侧根 Lateral root	3.35 ±0.90 c	4.27 ±0.85 b	4.43 ±0.73 b	5.54 ±0.09 a	3.60 ±0.72 c
	10—20 cm	主根 Taproot	3.71 ±0.49 d	4.69 ±0.46 c	5.70 ±0.29 b	6.41 ±0.09 a	5.97 ±0.20 ab
		侧根 Lateral root	3.26 ±0.57 bc	3.91 ±0.03 b	4.66 ±0.63 ab	4.91 ±0.43 a	3.95 ±0.60 b
	> 20 cm	主根 Taproot	3.74 ±0.18 c	4.78 ±0.66 b	4.55 ±0.27 b	6.87 ±0.11 a	4.56 ±0.10 b
		侧根 Lateral root	3.39 ±0.67 bc	4.68 ±0.76 b	3.90 ±0.25 c	5.15 ±0.81 a	3.50 ±0.12 bc
茎 Stem			4.64 ±0.31 c	7.61 ±1.50ab	7.31 ±0.37 ab	7.94 ±0.50 a	6.25 ±0.39 b
叶 Leaf				9.45 ±0.77 b	16.15 ±0.60 a	15.34 ±0.23 a	9.80 ±0.08 b
果实 Fruit					13.42 ±0.13 a	12.14 ±1.59 b	8.60 ±0.58 c

注(Note): EBS—Early bud stage; FS—Flower stage; YFS—Young fruit stage; FES—Fruit expanding stage; FHS—Fruit harvest stage. 同行数据后不同字母表示差异显著($P<0.05$) Values followed by different letters in a row are significant at $P<0.05$.

2.2.3　红枣树生长期各器官钾素含量及动态变化

表 4 结果显示，不同层次根系中钾素含量在各生育期的差异不明显，原因可能与土壤中钾的有效性有关。土壤剖面 0—10 cm 层根系、10—20 cm 层根系、20 cm 以下根系的主根最大含量均出现在萌芽前期，分别为 10.11、11.6 和 13.23 g/kg；各层侧根最大含量也出现在萌芽前期，分别为 13.49、12.90 和 11.64 g/kg。茎中钾素含量在萌芽前期最高，为 20.93 g/kg，与其他时期相比差异显著。叶中钾素含量在果实膨大期最高，为 23.90 g/kg，与其他时期相比差异显著。成熟期果实中钾素含量最高，为 31.92 g/kg，较幼果期高 93.8%，差异显著。各器官中钾素含量的大小顺序为：果实 > 叶 > 茎 > 根。

表 4　红枣树生长期各器官中钾素含量（g/kg）

Table 4　The potassium content in each organ of *Zizyphus jujube* tree

部位 Parts			萌芽前期 EBS	开花期 FS	幼果期 YFS	果实膨大期 FES	果实成熟期 FHS
根 Root	0—10 cm	主根 Taproot	10.11 ±0.93 a	9.59 ±0.60 a	6.33 ±0.77 c	6.84 ±0.43 c	8.57 ±0.34 b
		侧根 Lateral root	13.49 ±1.61 a	12.85 ±1.47 a	6.25 ±0.76 c	7.74 ±1.29 bc	9.46 ±0.57 b
	10—20 cm	主根 Taproot	11.61 ±1.41 a	11.10 ±21.13 a	6.93 ±1.10 c	8.63 ±1.98 bc	9.64 ±0.62 b
		侧根 Lateral root	12.90 ±2.86 a	12.48 ±2.77 a	6.32 ±1.09 c	7.44 ±0.57 bc	9.84 ±1.49 b
	> 20 cm	主根 Taproot	13.23 ±3.08 a	11.61 ±2.85 b	6.50 ±0.60 c	6.75 ±1.12 c	8.92 ±0.57 ab
		侧根 Lateral root	11.64 ±1.80 a	10.43 ±1.40 ab	5.95 ±0.82 bc	6.25 ±0.24 c	9.46 ±0.47 b
茎 Stem			20.93 ±0.51 a	13.86 ±2.62 c	12.80 ±1.16 c	15.44 ±0.61 bc	17.92 ±0.81 b
叶 Leaf				17.77 ±0.50 c	21.10 ±0.18 b	23.90 ±1.04 a	22.69 ±1.57 b
果实 Fruit					16.47 ±3.44 c	27.54 ±0.47 b	31.92 ±0.07 a

注（Note）：EBS—Early bud stage；FS—Flower stage；YFS—Young fruit stage；FES—Fruit expanding stage；FHS—Fruit harvest stage. 同行数据后不同字母表示差异显著（$P<0.05$）Values followed by different letters in a row are significant at $P<0.05$.

2.3　红枣树生长期各器官氮、磷、钾积累动态

植物生长发育过程中要连续不断地从外界吸收养分，以满足生命活动的需要。枣树氮素、磷素、钾素的总积累量均呈递增趋势，氮素由萌芽前期的 6.76 g/plant 累积到果实成熟期的 47.66 g/plant，平均增加了 40.90 g/plant。磷素由萌芽前期的 1.99 g/plant 累积到果实成熟期的 19.54 g/plant，增加了 8.8 倍。钾素由萌芽前期的 8.44 g/plant 累加到果实成熟期的 61.17 g/plant，增加了 6 倍。原因可能与所施肥料的种类、数量和比例有关。

由红枣树根系养分积累动态变化曲线（图 2）可知，从萌芽前期至果实成熟期，根中氮素、钾素积累量均呈先增加后降低再增加趋势，最大积累量均出现在成熟期。不同的是根中氮素从萌芽前期的 1.15 g/plant 增加到幼果期的 2.73 g/plant，再降低到果实膨大期的 2.43 g/plant，最后又增加到果实成熟期的 3.65 g/plant，钾素是从萌芽前期的 1.39 g/plant 增加到开花期的 1.92 g/plant，再降低到幼果期的 1.53 g/plant，最后又增加到果实成熟期的 3.09 g/plant。而根中磷素积累量却呈先增加后降低的趋势变化，从萌芽前期的 0.43 g/plant 增加到果实膨大期达到最大值 1.71 g/plant，最后降低到成熟期的 1.61 g/plant。出现上述情况，原因可能是成熟期枣树的其他器官，特别是果实对磷素的吸收量增加，致使成熟期根中的磷素积累量降低。

由图 2 可知，茎中氮素、磷素、钾素积累量变化趋势与根相似。氮素从萌芽前期的 5.61 g/plant 增加到开花期的 7.09 g/plant，之后降低到幼果期的 5.81 g/plant，最后又增加到成熟期的 10.73 g/plant，积累量在成熟期达最大值。磷素积累从萌芽前期的 1.55 g/plant 增加到果实膨大期的 4.66 g/plant，最后降低到成熟期的 4.15 g/plant，积累量在果实膨大期达最大值，为 4.66 g/plant。钾素从萌芽前期的 7.05 g/plant 降低到开花期的 5.78 g/plant，最后又增加到果实成熟期的 12.05 g/plant，积累量在成熟期达最大值。

图 2 显示，叶中氮素积累量变化呈递增趋势，从开花期的 4.23 g/plant 增加到成熟期达最大值 8.50 g/plant。磷素、钾素积累量均呈先增加后降低趋势，磷素从开花期的 1.70 g/plant 增加到果实膨大期的

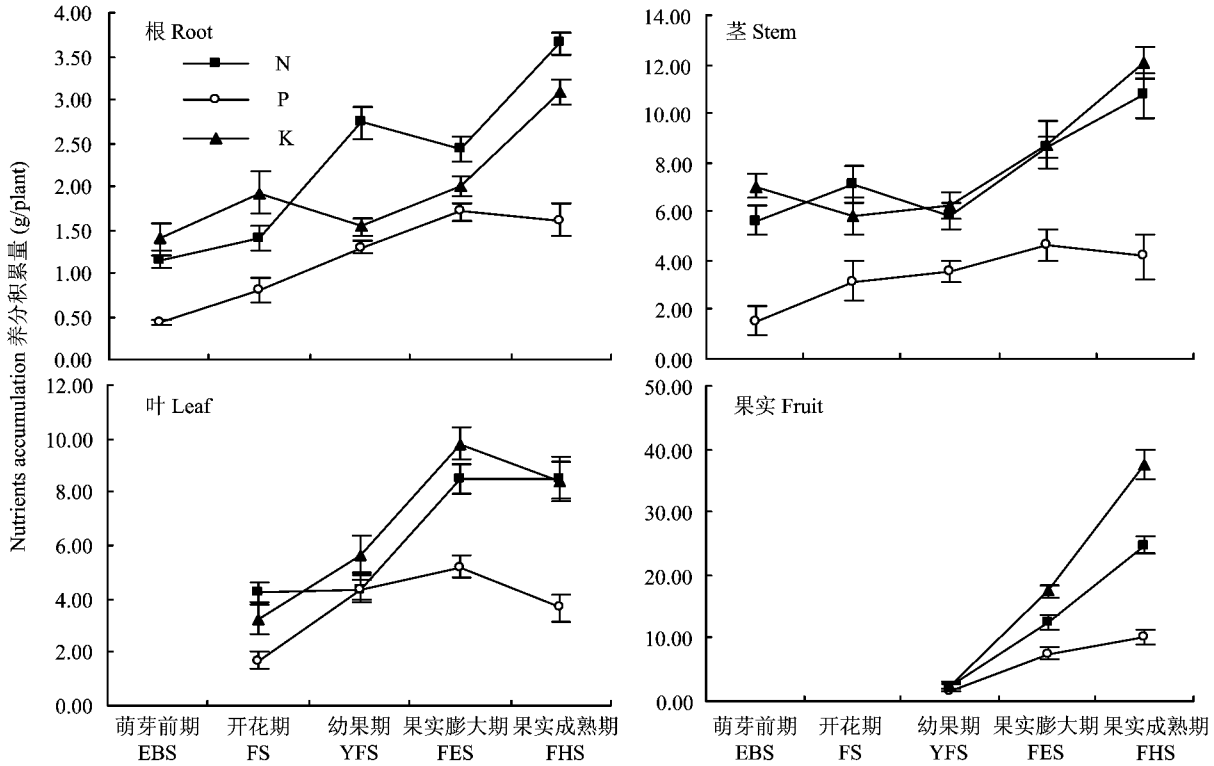

图2 红枣树不同器官养分积累动态

Fig. 2 Dynamics of N、P and K accumulation in different organs of *Zizyphus jujube* trees

[注(Note): EBS—Early bud stage; FS—Flower stage; YFS—Young fruit stage; FES—Fruit expanding stage; FHS—Fruit harvest stage]

5.21 g/plant,之后降低到果实成熟期的3.67 g/plant。钾素从开花期的3.22 g/plant增加到果实膨大期的9.83 g/plant,之后降低到果实成熟期的8.44 g/plant,二者的积累量均在果实膨大期达最大值,分别为5.21和9.83 g/plant。

果实中氮素、磷素、钾素积累量变化均呈递增趋势(图2),均在果实成熟期达最大值。分别从幼果期的2.23、1.73、2.16 g/plant增加到成熟期的24.78、10.11、37.58 g/plant。从萌芽前期至果实成熟期,各器官中氮素、磷素、钾素积累量大小顺序均为:果实>茎>叶>根。整株枣树在各时期氮素、磷素、钾素积累量大小顺序为:果实成熟期>果实膨大期>幼果期>开花期>萌芽前期。

3 讨论与结论

植株干物质量是衡量植株生长状况和内部代谢强弱的指标之一。据研究报道,增加施肥可促进作物干物质积累进程[7]。各时期植株干物质量既反映了植株生育状况,又关系到经济产量的高低。矮密栽培模式下,从萌芽前期至果实成熟期,枣树生物量由469.0 g/plant累积到2559.1 g/plant,增幅达445.7%,与其它果树生物量变化趋势相似[8]。果实膨大期是整株生物量积累最快的时期,其各器官干物质日积累速率大小顺序为:果实>茎>根>叶。

从萌芽前期至果实成熟期,土壤剖面10—20 cm层根系氮素、磷素、钾素含量最高的时期分别在果实成熟期、果实膨大期和萌芽前期,其最大值分别为12.00、5.66和12.26 g/kg。土壤剖面10—20 cm层根系氮、磷、钾元素含量普遍高于其他层次,而且主根的含量显著高于侧根与前人研究枣树根系的生长特性一致[9],这可能与肥料主要施在土壤剖面10—20 cm层有关,另外主根中各时期的氮素含量明显高于侧根,说明主根是氮素积累的主要部位。茎中氮素含量开花期时达最大值为16.99 g/kg,幼果期最小为15.17 g/kg,相差不大,说明茎一年四季对氮的吸收都比较稳定。叶中氮素含量在果实膨大期含量最高,为24.94 g/kg,小于柴仲平等[10]的研究结果(最高含量35.55 g/kg)。从叶片氮素含量的变化中发现,在物候期重叠较严重的花期和幼果发育前期,叶片中全氮的含量较低,这是由于氮分配的不均衡性所引起的。果实中氮、磷、钾素含量均在果实成熟期最大,分别为21.03、13.42、31.92 g/kg,

且钾素较其他元素含量高，这充分说明了红枣树果实中富含钾元素[11-12]。

从萌芽前期至果实成熟期，枣树氮、磷、钾素总积累量均呈递增趋势，氮素由萌芽前期的 6.76 g/plant 累加到果实成熟期的 47.66 g/plant，平均增加了 40.90 g/plant，磷素由萌芽前期的 1.99 g/plant 累加到果实成熟期的 19.54 g/plant，平均增加了 17.55 g/plant，二者增幅均小于陈波浪等[13]在株行距为 1.5 m×3.0 m 的 6 年树龄灰枣园中研究结果（增幅分别为 70.5 g/plant 和 19.9 g/plant），果实成熟期钾素总积累量 61.17 g/plant，也小于陈波浪等同时期研究结果（117.4 g/plant）。这些差异可能与品种、树龄和矮密栽培模式有关，同时也表明了矮密栽培模式下树体总体养分含量低于成型枣园，这就要求通过合理施肥来调控矮密栽培模式下树体营养，达到增产的目的。对植株氮磷钾总积累量进行分析，植株氮素、磷素、钾素积累大小顺序为钾 > 氮 > 磷，每生产 1000 kg 红枣果实，需要吸收氮、磷和钾素分别为 21.03 kg、8.60 kg 和 31.92 kg，此结果中氮素、钾素的需求量高于高小军[14]对山西红枣的研究结果（16 ～ 20 kg、13 ～ 16 kg），而磷素的需要量小于他的研究结果（9 ～ 12 kg）。

根据果树合理施肥量 =（果树吸收量 - 土壤供应量）/肥料利用率，土壤供应量按吸收量的 1/3 计，氮、磷、钾肥肥料利用率按 50%、20% 和 60% 计算[15]。在矮密栽培模式下，当目标产量为 10 t/hm^2 时，推荐施纯 N、P_2O_5、K_2O 分别为 280、287 和 355 kg/hm^2。同时在开花期（5 月下旬）、果实膨大期（7 月上中旬）要及时补充养分，缓解根系与地上部分的营养竞争，促进开花结实、提高产量和改善果实品质。

参 考 文 献：

[1] 刘润平. 红枣的营养价值及其保健作用[J]. 中国食物与营养，2009，12(12)：50-52.
Liu R P. Dates of nutritional value and health effects [J]. Food Nutr. China，2009，12(12)：50-52.

[2] 史彦江，宋锋惠. 红枣在新疆的发展前景及对策[J]. 新疆农业科学，2005，42(6)：418-422.
Shi Y J，Song F H. Development prospect and counterplan of *Ziziphus jujube* in Xinjiang [J]. Xinjiang Agric. Sci.，2005，42(6)：418-422.

[3] 常兴秋，常延明，韩丽红，等. 不同数量肥水对枣树生长及产量的影响[J]. 防护林科技，2006，5(1)：33.
Chang X Q，Chang Y M，Han L H *et al*. Different number of fertilizer on the growth and yield of jujube [J]. For. Sci. Tech.，2006，5(2)：33.

[4] 邹耀湘，梁智，张计峰，等. 红枣氮磷钾及微肥配合施用效果研究[J]. 新疆农业科技，2009，187(4)：69-71.
Zhou Y X，Liang Z，Zhang J F *et al*. Study on the efficiency of N，P，K and microelement fertilizer complexation application in Chinese Jujubes[J]. Xinjiang Agric. Sci Tech.，2009，187(4)：69-71.

[5] 鲍士旦. 土壤农化分析（第 3 版）[M]. 北京：中国农业出版社，2000.
Bao S D. Analysis of soil and agro-chemistry [M]. Beijing：China Agriculture Press，2000.

[6] 张彩红. 枣树营养元素循环规律的研究[J]. 山西林业科技，2007，12(4)：16-20.
Zhang C H. Study on circulating law of nutrient element in *Ziziphus jujuba* [J]. Shanxi For. Sci. Tech.，2007，4 (12)：16-20.

[7] 刘洪，宇振荣，潘学标. 不同类型棉花品种干物质积累及分配规律的研究[J]. 中国棉花，2002，29(5)：8-20.
Liu H，Yu Z R，Pan X B *et al*. Study of regularition on dry matter accumulation and distribution in different cotton varieties [J]. China Cott.，2002，29(5)：8-20.

[8] 马文娟，同延安，高义民. 葡萄氮素吸收利用与累积年周期变化规律[J]. 植物营养与肥料学报，2010，16(2)：504-509.
Ma W J，Tong Y A，Gao Y M *et al*. Study on nitrogen absorption，utilization and accumulation in grape tree [J]. Plant Nutr. Fert. Sci.，2010，16(2)：504-509.

[9] 宋锋惠，俞涛，卓热木·塔西，等. 红枣根系生长与地上部生长的相关性分析[J]. 新疆农业科学，2010，47(12)：2416-2420.
Song F H，Yu T，Zhuoremu T *et al*. Correlation analysis on root growth and aboveground growth of jujube [J]. Xinjiang Agric. Sci.，2010，47(12)：2416-2420.

[10] 柴仲平，王雪梅，孙霞，等. 沼肥施用方式对红枣植株养分含量的影响[J]. 北方园艺，2010，20(6)：23-25.
Chai Z P，Wang X M，Sun X *et al*. Effects of coupling of water and N on plant nutrient content of *Zizyphus jujube* [J]. Southwest China J. Agric. Sci.，2010，20(6)：23-25.

[11] Welch R M，Graham R D. Breeding crops for enhanced micronutrient content [J]. Plant soil，2005，245(6)：205-214.

[12] Vanangamud，Doerge T A，Godein R E. Nitrogen and water interactions in subsurface dripirrigated caulillower Ⅱ. Agronomic，economic and environmental outcomes [J]. Soil Sci. Soc. Am. J.，2002，64(8)：412-418.

[13] 陈波浪，盛建东，李建贵，等. 红枣树氮磷钾吸收与累积年周期变化规律[J]. 植物营养与肥料学报，2011，17(2)：445-450.
Chen B L，Sheng J D，Li J G *et al*. Study on N，P，K absorption and accumulation in *Zizyphus jujube* tree [J]. Plant Nutr. Fert. Sci.，2011，17(2)：445-450.

[14] 高小军. 黄土丘陵区枣树平衡施肥技术[J]. 山西农业科学，2009，37(12)：86.
Gao X J. Balanced fertilization for jujube tree in Loess Hilly Land [J]. J. Shanxi Agric. Sci.，2009，37(12)：86.

[15] 姜远茂，张宏彦，张福锁. 北方落叶果树养分资源综合管理理论与实践[M]. 北京：中国农业大学出版社，2007.
Jiang Y M，Zhang H Y，Zhang F S. Concepts & practice of integrate nutrient resource management in northern deciduous fruit [M]. Beijing：China Agricultural University Press，2007.