

施用氮磷钾对密植梨枣生长与叶片养分 季节动态的影响

张彤彤¹, 徐福利^{1, 2*}, 汪有科², 林云¹

(1 西北农林科技大学资源环境学院 陕西杨凌 712100; 2 中国科学院、水利部水土保持研究所 陕西杨凌 712100)

摘要: 以山地梨枣 (*Zizyphus jujuba* Mill. cv. Liza0) 为试验材料, 采用野外试验与室内分析, 研究了黄土丘陵区山地滴灌下施用氮磷钾对矮化密植梨枣生长、产量及品质的影响以及施肥对梨枣叶片 8 种营养元素 (N、P、K、Ca、Mg、Fe、Mn、Zn) 季节动态变化规律。结果表明: 施氮肥可促进前期枣树新枝生长和枣果膨大; 施磷肥可提高产量, 达到 33210 kg/hm²; 施钾肥可明显提高枣果品质。不同生育期梨枣叶片养分含量变化也具有一定的规律性。开花坐果期 (5 月上旬至 7 月上旬), 叶片 N、P、K 含量处较高水平, Mg、Fe、Mn、Zn 含量处于较低水平。果实膨大期 (7 月中下旬到 8 月下旬), 叶片 N、P 有一个相对稳定的含量, K 快速下降, 而 Fe、Mn、Zn 含量上升。果实成熟期 (9 月初到 10 月初), 叶片 N、P、K 含量下降, Mg、Fe、Mn、Zn 则是缓慢上升并趋于稳定。叶片 N、P、K、Mn 含量之间呈正相关, Ca、Mg、Fe、Zn 含量之间也呈正相关关系, 叶片 N、P、K 之间达极显著正相关关系, 而 N、P、K 与 Ca、Mg、Fe、Zn 含量之间呈负相关关系。

关键词: 梨枣; 叶片营养; 施肥; 矿质元素

中图分类号: s665.1; s606+.2 文献标识码: A 文章编号: 1008-505X(2012)01-0241-08

Effects of fertilization on growth and seasonal dynamic of leaf nutrients of close planting pear-jujube trees

ZHANG Tong-tong¹, XU Fu-li^{1, 2*}, WANG You-ke², LIN Yun¹

(1 College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2 Institute of Soil and Water Conservation of Chinese Academy of Sciences, Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: To investigate the influence of different fertilization on jujube nutrients, field experiments were conducted in loess hilly-gully mountains, and pear-jujube (*Zizyphus jujuba* Mill. cv. Liza0) was used as experimental materials. The plant development, productivity and fruit quality of pear-jujube in different fertilizer application conditions were studied, and the seasonal dynamic changes of eight kinds of nutrition elements (N, P, K, Ca, Mn, Zn and Fe) of pear-jujube leaves were also examined. The results show that N fertilizer can increase the growth of the new branches and the jujube enlargement. P fertilizer can improve fruit yield to 33210 kg/ha; K fertilizer can improve fruit quality. Therefore, P and K fertilizer cooperating application can increase both yield and quality of the pear-jujube. The results show that the contents of N, P and K of the pear-jujube at the blossom and fruit-set period (from early May to early July) are in higher levels, compared with Mg, Fe, Mn and Zn. Besides, the contents of N and P in leaves are relatively stable at the fruit enlargement period (from middle July to late August); at the same time, K is declined drastically, while trace elements (Fe, Mn and Zn) have rising trends. At the fruit maturation stage (from early September to early October), the contents of N, P and K in leaves are decreased, whereas Fe, Mn and Zn are increased slowly or remained basically unchanged. So we conclude that there are positive correlations between N, P, K and Mn and between Ca, Mg, Fe and Zn in leaves of jujube in the growth period. Furthermore the contents of N,

收稿日期: 2011-06-02 接受日期: 2011-11-07

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划(2011BAD29B04); 陕西省科技创新工程(2011KTCL02-02)资助。

作者简介: 张彤彤(1987—),女,河北衡水人,硕士,研究方向为施肥对植物养分吸收的影响。E-mail: sjl_321@126.com

* 通讯作者 E-mail: xfl-163@163.com

P and K have significantly positive correlations, however, the content of N, P and K correlate negatively to Ca, Mg, Fe and Zn in jujube leaves.

Key words: pear-jujube tree; leaf nutrient; fertilization; mineral element

陕北丘陵区红枣栽植已有 3000 多年的悠久历史, 主要集中分布在黄河沿岸以及丘陵山地, 目前栽植面积已经达到 14 万公顷, 仍有不断扩大的趋势。由于栽植面积的 90% 以上是在丘陵山地^[1], 受到干旱、土壤贫瘠、品种单一、管理技术欠缺等因素制约, 红枣产量与品质低, 影响了红枣产业发展, 需要采用科学研究解决这些限制因素。进行有效的红枣施肥管理是影响红枣产量与质量的重要技术措施之一^[2]。已有研究表明, 施用氮肥能够提高梨枣树不同部位的氮素含量, 其中叶片氮素含量增加较为明显, 反应施氮的效应指数最为明显^[3]。养分元素之间、养分元素与作物之间、养分元素与土壤之间的作用是复杂的, 是相互联系的^[4-5]。通过叶片营养元素含量定量与动态分析, 可以探讨植株在不同条件下, 不同生长发育阶段各营养元素含量的变化规律, 是植物营养学和肥料学的重要研究方向^[6]。研究树木叶片营养元素含量的季节性变化, 对于研究树木对营养元素的需求动态、吸收能力和养分调控具有重要意义^[7]。这方面的研究已在苹果、黄金梨、脐橙、葡萄、杏、猕猴桃等许多果树上已有报道^[8-19], 但在红枣叶营养动态变化缺乏系统研究, 特别在梨枣上未见报道。探讨梨枣叶营养含量变化与施用氮磷钾对梨枣施肥管理与营养调控, 改善梨枣营养环境, 梨枣提质增效具有理论与实践意义。为此, 本研究结合黄土高原丘陵区的山地生态条件和土壤肥力特征, 以山地滴灌条件下梨枣为研究对象, 2010 年 4 月开始设置施肥试验, 于 2010 年 7 月至 10 月期间梨枣果实生长期, 对山地梨枣施肥效应, 叶片营养元素动态变化与 NPK 施肥关系进行研究, 以期探讨梨枣叶片矿质元素的需求和分配规律, 梨枣生长期间不同元素之间关系, 进而为梨枣合理施肥和养分调控提供理论依据。

1 材料方法

1.1 试验地概况

试验地选在陕西省米脂县银州镇孟岔村的山地枣园, 是国家实施退耕还林工程实施后采用矮化密植技术建立的示范园, 属中温带半干旱性气候, 地势以山坡地为主, 坡度在 15°左右, 干旱少雨, 年平均气温 8.5℃, 年平均降水量 451.6 mm, 多集中在 7 ~

9 月份, 4 ~ 6 月份经常出现干旱, 造成红枣落花落果, 采用提水和节水灌溉技术, 改善了红枣的水分环境, 使得红枣产量快速提高, 试验地已成为黄土高原红枣产业的技术示范园。试验地土壤为黄绵土, 土层深但肥力低, 有机质 2.1 g/kg, 土壤速效氮 34.73 mg/kg, 速效磷 2.90 mg/kg, 速效钾 101.9 mg/kg, pH 为 8.6, 在陕北丘陵区具有代表性。

1.2 试验设计

供试品种为树龄 8 年生的山地矮化密植梨枣 (*Zizyphus jujuba* Mill. cv. Lizao), 示范园区代表品种, 树势基本一致, 栽植密度 (2 m × 3 m) 1650 株/hm²。灌溉方式是山地滴灌, 试验期间微灌水量 60 mm, 共灌水 2 次, 分别在 5 月 15 日和 7 月 15 日, 每次灌水量相同。试验共设 4 个处理: 1) CK (不施肥); 2) N 450 kg/hm²; 3) P₂O₅ 225 kg/hm²; 4) K₂O 250 kg/hm²。氮肥用尿素 (N 46%), 磷肥用过磷酸钙 (P₂O₅ 12%), 钾肥用硫酸钾 (K₂O 51%); 全部磷肥、钾肥和 50% 氮肥以基肥 4 月 15 日施入, 剩余的 50% 氮肥在 7 月 25 日以追肥施入。不同处理之间相隔 3 米。采用完全随机设计, 每个小区 3 株梨枣 (试验小区面积 2 m × 3 m), 3 次重复。

1.3 样品采集与测定方法

试验期间定期采取梨枣叶片, 分别于 2010 年 7 月 6 日 (萌芽展叶期), 7 月 21 日 (开花坐果期), 8 月 10 日 (果实膨大期), 8 月 30 日 (果实膨大期), 9 月 15 日 (果实成熟期), 9 月 29 日 (落叶期) 取样, 共计 6 次。

取样方法在梨枣树冠东、西、南、北 4 个方位分别采集树体外围中上部的发育枝枣吊中部健康叶, 每株 30 ~ 35 片, 每小区组成混合样。将新鲜样品用蒸馏水迅速冲洗干净, 然后将样品置于室内通风阴凉处自然风干, 带回实验室, 在 70℃ 烘 8 h, 用不锈钢粉碎机粉碎后置于密封袋中^[20], 贴好标签, 用于测定养分含量。

叶片中的全氮采用全自动定氮仪 - K9860 测定, 全磷采用钼锑抗比色法测定, 紫外 - 可见光光度计 UV - 2450/2550, 全钾采用 M410 火焰光度计测定, Ca、Mg、Fe、Mn、Zn 采用 1 mol/L HCl 浸泡法处理后, 用原子吸收分光光度计 - 4530F 进行测定。室内分析测试每个样品做 3 个重复。

试验数据的统计分析采用 Microsoft Excel 2003 和 DPS 7.05 软件处理。

2 结果与分析

2.1 施肥对密植山地梨枣枝条生长和果实发育的影响

2.1.1 施肥对密植山地梨枣枝条生长的影响 山地滴灌条件下施肥对密植枣树新枝生长的影响见图 1, 从图看出, 施肥处理枣树新枝条长势均高于对照。其中, 施氮肥处理和施磷肥施显著高于对照。氮、磷、钾肥新枝生长量的大小顺序为: 施氮肥 > 施钾肥 > 施磷肥, 施氮肥处理新枝增长量最大。整体来看, 施氮肥处理枣树新枝长势最好。施氮肥可以明显增加枣树新枝生长量, 加快枣树新枝生长速度。

2.1.2 施肥对山地梨枣果实发育的影响 从表 1 结果中看出, 施肥的枣果横纵径均高于对照。从横径来看, 不同施肥处理, 其枣果横径的增长量有显著差异。其中, 以施氮肥处理枣果横径增加最为显著, 平均比对照增加了 13.1%。其次为施钾肥处理, 比对照增加了 10.4%。然后是施磷肥处理, 比对照增

加了 4.5%。纵径的增长规律与横径基本一致。结果显示, 施肥能够促进红枣枣果发育, 提供了枣果发育需要的营养物质和代谢物质, 施氮肥可以增加梨枣果实体积。

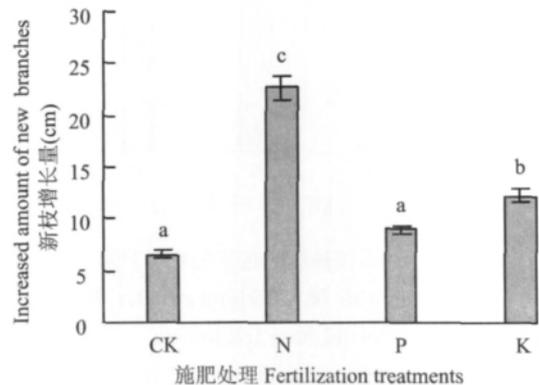


图 1 不同施肥处理下新枝增长量

Fig. 1 Increased amount of new branches under different fertilization treatments

[注(Note): 方柱上不同字母表示处理间差异达到 5% 显著水平 Different letters above the bars mean significant between treatments at the 5% level.]

表 1 不同施肥处理下枣果径的增长变化

Table 1 Change of pear-jujube fruit diameter under different fertilization treatments

处理 Treatment	横径 Transverse diameter (cm)			纵径 Longitudinal diameter (cm)		
	8/15	9/3	9/24	8/15	9/3	9/24
CK	25.27 a	34.38 a	38.17 a	31.41 a	39.39 a	43.09 a
N	25.11 a	38.33 c	43.17 d	32.34 ab	40.39 b	45.51 c
P	26.07 b	36.14 b	39.89 b	31.64 a	40.54 b	44.36 b
K	27.96 c	37.98 c	42.18 c	33.20 bc	41.13 c	44.84 bc

注(Note): 不同字母表示同一采样期处理间差异达到 5% 显著水平 Different letters mean significant between treatments at the same sampling date at the 5% level.

2.2 施肥对山地梨枣产量与品质的影响

2.2.1 施肥对山地梨枣产量的影响 从图 2 看出, 滴灌条件下施肥对梨枣产量的影响, 施肥各处理产量均高于对照, 其中磷肥处理梨枣产量最高, 达到 33210 kg/hm², 氮肥次之, 钾肥无显著差异。

2.2.2 施肥对梨枣品质的影响 评价红枣果实品质, 把硬度, 水分, 可溶性固形物, 总糖, 可滴定酸的含量作为重要指标。从表 2 中可以看出, 施肥在不同程度上提高梨枣果实的品质。施磷肥降低枣果的硬度, 施氮肥提高枣果的水分含量, 施磷肥增加枣果中可溶性固形物含量, 降低枣果中酸的含量, 施钾肥可以提高枣果中的总糖含量, 施钾肥可以提高枣果

中的糖酸比。

2.3 各处理山地梨枣叶片主要营养元素含量的动态变化

2.3.1 各处理梨枣叶片氮磷钾含量动态的变化 结果如图 3 所示, 梨枣叶片全 N 含量表现出一定的规律性, 前期叶片含量高, 随着枣果发育, 含量逐渐降低, 在果实成熟期, N 含量快速减低。不同施肥处理叶片全 N 含量在发芽—开花期差异较大, 施用氮肥明显增加叶片全氮含量; 施用磷肥也能够提高叶片的氮素含量, 这与氮磷耦合作用有关, 施用磷肥刺激根系对氮的吸收; 施用钾肥叶片对氮素含量影响不明显。在 7 月 21 日之前, 施氮肥和施磷肥的 N

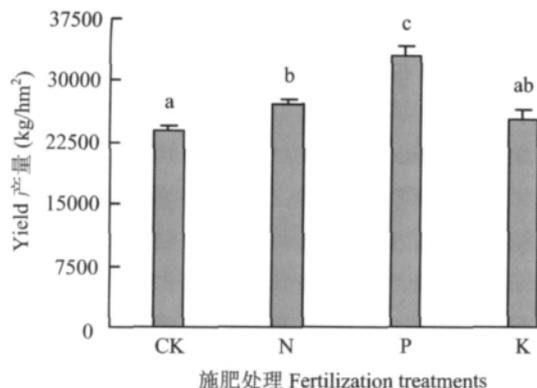


图2 不同施肥处理下梨枣的产量

Fig. 2 The yields of pear-jujube under different fertilization treatments

[注 (Note): 方柱上不同字母表示处理间差异达到 5% 显著水平 Different letters above the bars mean significant between treatments at the 5% level.]

表2 不同施肥处理下梨枣果实品质

Table 2 The fruit quality of pear-jujube under different fertilization treatments

处理 Treatment	硬度 Hardness	水分含量 (%) Moisture	可溶性固形物 (%) Soluble solids	总糖 (%) Total sugar	可滴定酸 (%) Titratable acidity	糖酸比 TSS/Acid
CK	13.25 ± 1.26 ab	79.58 ± 1.66 a	14.90 ± 0.08 e	9.30 ± 0.76 cd	0.60 ± 0.09 b	24.83
N	12.95 ± 0.70 b	81.17 ± 0.69 a	15.03 ± 0.12 cd	8.32 ± 0.24 d	0.55 ± 0.04 bc	27.33
P	12.18 ± 1.15 ab	80.91 ± 0.84 a	15.83 ± 0.29 b	9.86 ± 0.43 c	0.47 ± 0.04 bc	33.68
K	12.26 ± 1.05 a	80.36 ± 0.70 a	15.23 ± 0.17 c	10.05 ± 0.32 c	0.54 ± 0.05 bc	28.20

[注 (Note): 数值后不同字母表示处理间差异达到 5% 显著水平 Values followed by different letters mean significant between treatments at the 5% level.]

形成,但对叶片 P 素含量影响不明显。施用钾肥在梨枣生长前期有利于梨枣叶片 P 素的吸收,随后影响减少,其机理还有待进一步研究。

梨枣叶片全 K 含量随着红枣生长呈不断降低的趋势(图 3)。施钾肥叶片 K 素含量高于其他处

含量处于较高水平,施钾肥处理和 CK 处理则处于较低水平。从 7 月 6 日开始,随着枣果生长,叶片中的 N 素向枣果转移,叶片 N 含量迅速减少,直到果实膨大期。在梨枣叶片前期施氮、磷肥能够提高叶片 N 素含量,施钾肥作用不明显。在中后期,叶片中的 N 含量相对稳定。在 9 月中下旬,枣果需 N 增多,叶片中的 N 含量明显下降,叶片 N 素含量变化最明显的时期在枣树开花期,即 7 月 21 日之前,这一时期的叶片 N 素含量可作为诊断红枣 N 素营养的敏感期。

梨枣叶片全 P 含量随着红枣生长呈先降低后升高再降低的“S”型变化趋势(图 3)。不同施肥处理的叶片 P 素含量变化趋势相近,即均以 7 月初期 P 含量较高,之后下降,到 8 月上旬最低,之后又一个缓慢上升再降低的趋势。施用磷肥有助于新叶

理,施用氮、磷对叶片 K 含量没有明显影响。叶片中 K 素含量在果实发育期(7 月中下旬到 8 月底)下降较快,表明果实发育需消耗较多的 K 素,施用钾肥有利于梨枣果实的生长。

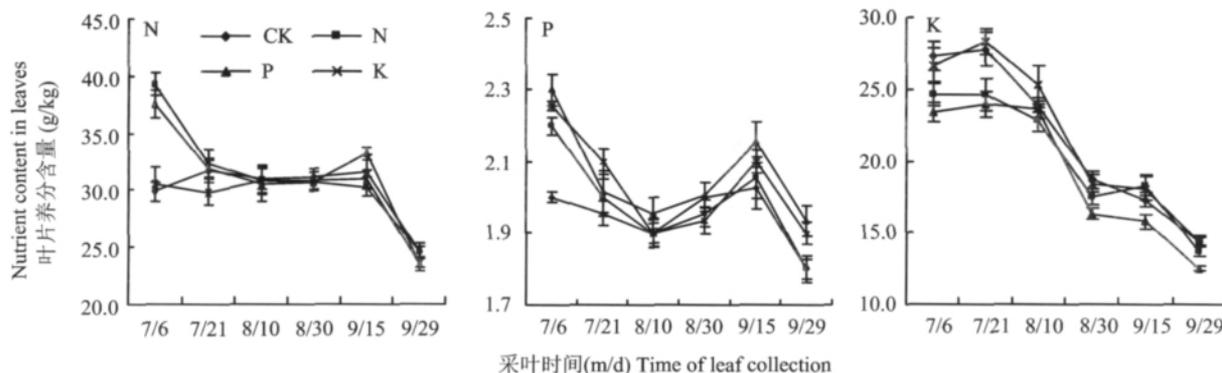


图3 梨枣叶片氮磷钾养分含量的动态变化

Fig. 3 Dynamics of N, P and K content in leaves of the pear-jujube

2.3.2 各处理梨枣叶片钙镁含量的动态变化 结果如图4所示,梨枣叶片Ca含量随着红枣生长处于不断增加的趋势。开花—坐果期,施用钾肥增加了梨枣叶片钙含量,施用磷肥降低了梨枣叶片Ca含量。而在果实膨大期,施肥处理的梨枣叶片Ca含量都低于对照,其中施氮肥的处理最明显,这可能与施用N肥促进了叶片生长,导致叶片中Ca含量的

下降,与图1中施用氮肥明显增加了红枣新梢长度结果相一致。

梨枣叶片Mg含量随着红枣生长呈先增加又降低的抛物形变化趋势(图4)。不同处理的梨枣叶片中Mg含量变化差异明显。施用氮、磷、钾肥都不同程度地提高梨枣叶片Mg含量,以施氮肥处理最为明显,其次是施用磷肥处理。

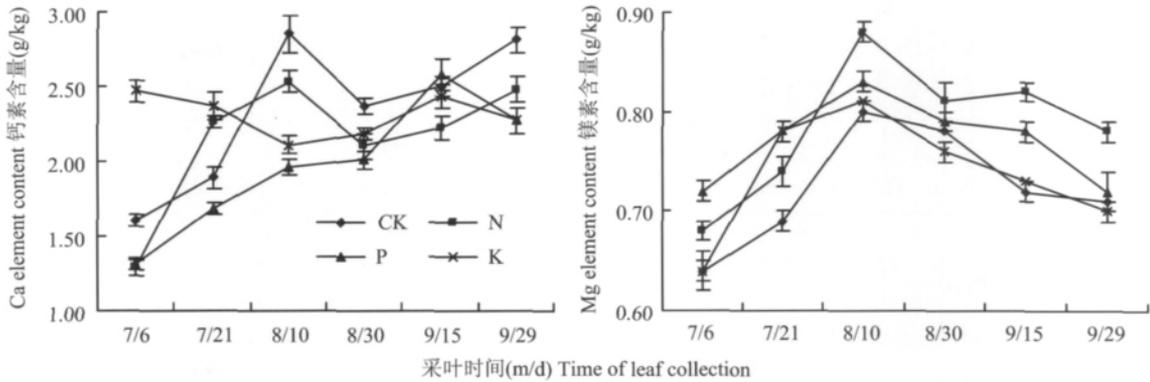


图4 梨枣叶片钙镁含量的动态变化

Fig. 4 Dynamics of Ca and Mg content in leaves of the pear-jujube

2.3.3 各处理梨枣叶片铁锰锌含量的动态变化 从图5可看出,梨枣叶片Fe含量随着红枣生长呈不断增加的趋势。施肥对叶片Fe含量有影响,但是影响较小,可能影响较为复杂。施用磷肥和钾肥均增加了梨枣叶片Fe含量,施用氮肥在梨枣生长后期降低了梨枣叶片的Fe含量,因为施用氮肥促进了梨枣叶片的生长,对梨枣叶片的Fe含量有稀释作用。所以,施用氮肥要防止枣树出现缺Fe现象。

别明显,是施氮磷钾肥对Mn含量的影响最大。在红枣生长前期,Mn含量较高,对促进叶片内叶绿素形成、提高光合速率有作用。生长后期叶内较高的锰含量还可促进叶绿素更新、糖分积累、蛋白质合成,提高树体的贮藏养分。

梨枣叶片Mn含量随着红枣生长处于增加的趋势(图5)。施磷对叶片Mn含量有明显的影 响,施氮肥对Mn含量的影响规律性不强;施用磷肥提高了叶片Mn含量,在梨枣果实膨大期提高Mn含量特

梨枣叶片Zn含量在梨枣生长周期中是相对稳定且缓慢下降的过程(图5),施磷、钾肥处理梨枣叶片内Zn含量在开花坐果期开始下降,说明在该时期施磷、钾肥促进了梨枣对叶面中Zn的吸收。所有处理在果实膨大期均出现小幅上升趋势,之后均呈现出下降趋势,以施氮肥叶片中Zn含量下降最为显著。

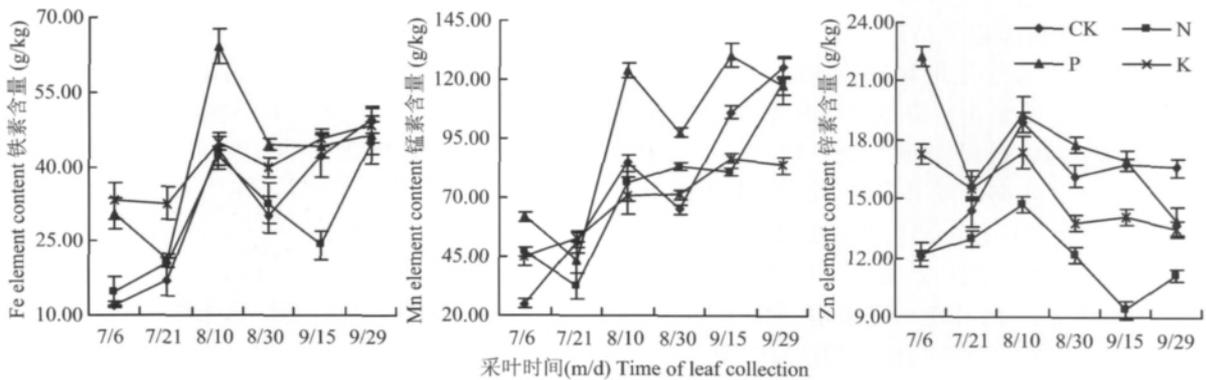


图5 梨枣叶片铁锰锌含量的动态变化

Fig. 5 Dynamics of Fe, Mn and Zn content in leaves of the pear-jujube

2.4 梨枣叶片不同营养元素间的相关性分析

梨枣叶片 8 种不同营养元素间都表现出不同程度的相关性(表 3)。叶片 N 与叶片 P、K、Zn 含量呈正相关,叶片 N 与 P、K 达到极显著相关,叶片 N 与叶片 Ca、Mg、Fe、Mn 含量呈极显著负相关。叶片 P 与 K 呈显著正相关,叶片 P 与 Ca、Fe、Mn 呈极显著负相关。叶片 K 与 Zn 呈显著正相关,叶片 K 与 Ca、Fe、Mn 呈极显著负相关。施肥不仅影响自身养分含量变化,也同时影响其他元素的吸收,梨枣叶片营养元素之间的平衡是诊断枣树营养并调控的重要

理论。

叶片 Ca 与 Mg、Fe、Mn 呈极显著正相关,与 Zn 相关性不显著。Mg 与 Fe、Mn 呈显著正相关,与 Zn 相关性不显著。Fe 与 Mn、Zn 呈极显著正相关。Mn 与 Zn 相关性不明显。N、P、K、Zn 及 Ca、Mg、Fe、Mn 之间分别呈正相关,而 N、P、K 与 Ca、Mg、Fe、Mn 之间呈负相关,山地梨枣叶片矿质营养元素的吸收与积累相互间存在一种协同与拮抗的代谢关系,施用 N、P、K 肥要重视元素的平衡关系。

表 3 梨枣叶片不同营养元素的相关性

Table 3 The correlation between the different elements in leaves of the pear-jujube

元素 Elements	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
N	1.00000							
P	0.52314**	1						
K	0.63676**	0.37342**	1					
Ca	-0.53388**	-0.42656**	-0.45456**	1				
Mg	-0.03430	-0.13103	-0.26890	0.38996**	1			
Fe	-0.43579**	-0.48727**	-0.36299**	0.47677**	0.35913**	1		
Mn	-0.43604**	-0.76326**	-0.37127**	0.52210**	0.34753**	0.75571**	1	
Zn	0.25724*	0.20701	0.28690*	-0.02768	0.06750	0.39452*	0.14925	1

注(Note): *, ** 分别表示在 0.05 和 0.01 水平差异显著 Indicate significance at the 0.05 and 0.01 levels, respectively.

3 讨论与结论

养分是植物生长的主要因素,也是可以调控的重要技术措施之一^[13],对提高作物产量和品质有着极其重要的作用。本研究在滴灌条件下,设置不同的施肥处理,研究了梨枣生长过程中梨枣叶片营养元素的动态变化以及施肥对叶片营养动态变化的影响,为梨枣养分调控与养分诊断提高理论依据,基于试验结果及分析得出以下结论:

1) 梨枣叶片的营养元素含量随红枣生长的变化而呈现有规律的变化。梨枣展叶开花期叶片 N、P、K、Zn 含量很高,自果实膨大期开始呈现下降趋势。梨枣展叶开花期叶片 Ca、Fe、Mn 含量很低,坐果期一果实膨大期明显上高。梨枣展叶开花期叶片 Mg 含量低,随后坐果期一果实膨大增加,到果实成熟一落叶前期又下降,开花一坐果期(7 月 6 日至 7 月 21 日)是枣树营养调控与诊断的适宜时期。

2) 施肥对梨枣前期的营养含量影响最明显,随着梨枣生长过程氮、磷、钾养分向果实的运输,叶片

养分减少,施用氮、磷、钾肥对叶片养分提高主要是在梨枣开花一枣果坐果期。施用氮磷钾对梨枣叶片 Ca、Mg、Fe、Mn、Zn 有不同程度的影响,施氮、磷肥叶片 Ca 含量均呈逐渐升高的趋势;施氮肥明显提高了 Mg 含量;施磷和钾肥提高了叶片的 Fe 含量,施用磷肥提高了叶片 Mn 含量;施氮叶片 Zn 含量在梨枣果实成熟期处于下降的趋势。

3) 施用氮肥对果径的增长影响明显;施磷肥对枣树产量影响明显,并与生长期的坐花坐果及后期的落花落果有关;施钾肥对提高枣果品质影响较大。

4) 梨枣期叶片 N、P、K 含量之间均呈显著正相关,其中 N、P 之间的关系最密切。山地梨枣生长期叶片中 Ca、Mg、Fe 和 Mn 之间均为正相关。Zn 与其他元素之间无相关性,与 Ca 呈负相关,与 Fe 正相关。

在植物生长期,要综合土壤性质和植物叶片元素间平衡关系,实现更大的提质增效作用^[5,10,21,22],枣树树体内较高的营养水平,保证枣树正常的花芽分化和开花结果,对树体的抗逆性,提高

梨枣树产量和品质也有重要作用。但是植物叶片元素含量与梨枣产量和品质之间的关系,还有待于进一步研究。在梨枣果实成熟期(9月初至10月初),N、P、K素都是迅速下降,除了养分供应果实需求外,还有养分再吸收^[23],有关红枣的养分再吸收还需要有进步研究。

参考文献:

- [1] Cui N B, Du T S, Li F S *et al.* Response of vegetative growth and fruit development to regulated deficit irrigation at different growth stages of pear-jujube tree [J]. *Agric. Water Manag.*, 2009, 96: 1237-1246.
- [2] Gao C, Sun B, Zhang T L. Sustainable nutrient management in Chinese agriculture: Challenges and perspective [J]. *Pedosphere*, 2006, 16(2): 253-263.
- [3] Zhao D C, Jiang Y M, Peng F T *et al.* Storage and remobilization of nitrogen by Chinese jujube (*Z. jujuba* mill. var. *inermis* Rehd) seedling as affected by timing of ¹⁵N supply [J]. *Agric. Sci. China*, 2006, 5(10): 773-779.
- [4] 李生秀. 植物营养与肥料学科的现状与展望[J]. *植物营养与肥料学报*, 1999, 5(3): 193-205.
Li S X. The current state and prospect of plant nutrition and fertilizer science [J]. *Plant Nutr. Fert. Sci.*, 1999, 5(3): 193-205.
- [5] 韩振海, 王倩. 我国果蔬营养研究的现状和展望—文献述评[J]. *园艺学报*, 1995, 22(2): 138-146.
Han Z H, Wang Q. Current situation and prospects of research on fruit mineral nutrition in China: a literature review [J]. *Acta Hort. Sin.*, 1995, 22(2): 138-146.
- [6] 阴黎明, 王力华, 刘波. 文冠果叶片养分元素含量的动态变化及在吸收特性[J]. *植物研究*, 2009, 29(6): 685-691.
Yin L M, Wang L H, Liu B. Dynamic variation and resorption of nutrient elements in the leaves of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge [J]. *Bull. Bot. Res.*, 2009, 29(6): 685-691.
- [7] 李利敏, 吴良欢, 马国瑞. 樟树正常叶片与黄化叶片营养状况的周年变化[J]. *园艺学报*, 2010, 37(2): 277-282.
Li L M, Wu L H, Ma G R. Studies on year-cycle changes of leaf nutrient status from camphor tree [J]. *Acta Hort. Sin.*, 2010, 37(2): 277-282.
- [8] 曾艳娟, 高义民, 同延安, 等. N肥用量对红富士苹果叶片和新生枝条中N营养动态的影响[J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2011, 39(2): 198-201.
Zeng Y J, Gao Y M, Tong Y A *et al.* Effect of N supply on the developments of N in leaves and new branches in "Fuji" apple [J]. *J. Northwest Sci-Tech Univ. Agric. For. (Nat. Sci. Ed.)*, 2011, 39(2): 198-201.
- [9] 周开兵, 郭文武, 夏仁学, 等. 不同砧木对脐橙幼树生长和叶片养分含量变化的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2004, 10(6): 657-662.
Zhou K B, Guo W W, Xia R X *et al.* Effects of two kinds of root-stock on growth and change of nutrient contents in leaf of young tree of navel orange [J]. *Plant Nutr. Fert. Sci.*, 2004, 10(6): 657-662.
- [10] 蒋万峰, 崔永峰, 张卫东, 等. 无核白葡萄叶内矿质元素含量年生长季内的变化[J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2005, 33(8): 92-95.
Jiang W F, Cui Y F, Zhang W D *et al.* Annual changes of mineral elements in foliar of thompsons seedless [J]. *J. Northwest Sci-Tech Univ. Agric. For. (Nat. Sci. Ed.)*, 2005, 33(8): 92-95.
- [11] He Z L, Calvert D V, Alva A K *et al.* Thresholds of leaf nitrogen for optimum fruit production and quality in grapefruit [J]. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 2003, 67(2): 583-588.
- [12] 马建军, 张立彬. 野生欧李生长期矿质营养元素含量的变化[J]. *园艺学报*, 2004, 31(2): 165-168.
Ma J J, Zhang L B. Change of mineral nutrient elements content in growing period of *Cerasus humilis* [J]. *Acta Hort. Sin.*, 2004, 31(2): 165-168.
- [13] 林敏娟, 徐继忠, 陈海江. 黄金梨叶片、果实中矿质元素含量的周年变化动态[J]. *河北农业大学学报*, 2005, 28(6): 23-27.
Lin M J, Xu J Z, Chen H J. Seasonal changes of mineral elements in leaves and fruits of *Whangkeumbae* [J]. *J. Agric. Univ. Hebei*, 2005, 28(6): 23-27.
- [14] 张丽君, 冯殿齐, 王爱喜, 等. 杏树叶片及土壤营养元素含量分析[J]. *中国农学通报*, 2010, 26(10): 192-196.
Zhang L J, Feng D Q, Wang A X *et al.* Study on nutrient elements content of apricot leaf and apricot orchards soil [J]. *Chin. Agric. Sci. Bull.*, 2010, 26(10): 192-196.
- [15] 刘运华, 何斌, 覃永华. 肉桂人工林叶片营养元素季节累积特点及其相互关系[J]. *广西农业生物科学*, 2007, 26(6): 103-106.
Liu Y H, He B, Tan Y H. Seasonal accumulation features of nutrient elements and their relationship in leaves of *Cinnamomum cassia* plantation [J]. *J. Guangxi Agric. Biol. Sci.*, 2007, 26(6): 103-106.
- [16] 陈竹君, 周建斌, 史清华, 等. 猕猴桃叶内矿质元素含量年生长季内的变化[J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 1999, 27(10): 54-57.
Chen Z J, Zhou J B, Shi Q H *et al.* The changes of mineral nutrient contents in the leaves of different shoots of kiwifruit vine throughout the season [J]. *J. Northwest Sci-Tech Univ. Agric. For. (Nat. Sci. Ed.)*, 1999, 27(10): 54-57.
- [17] Coutinho J, Vebo A. Plant analysis as a guide of the nutritional status of kiwi fruit orchards in Portugal [J]. *Com. Soil Sci. Plant Anal.*, 1997, 28(11&12): 1011-1019.
- [18] 徐爱春, 陈庆红, 顾霞. 不同产量猕猴桃园叶片营养状况分析[J]. *河北林果研究*, 2008, 23(12): 354-356.
Xu A C, Chen Q H, Gu X. Analysis of nutrition status in leaf of different yield kiwifruit orchards [J]. *Hebei J. For. Orchard Res.*, 2008, 23(12): 354-356.
- [19] 李鑫, 张丽娟, 刘威生, 等. 李营养累积、分布及叶片养分动态研究[J]. *土壤*, 2007, 39(6): 982-986.

- Li X , Zhang L J , Liu W S *et al.* On nutrient accumulation and distribution in plum tree as well as nutrient dynamic changes in plum leaves [J]. *Soils* ,2007 ,39(6) : 982 -986.
- [20] 刘和,赵彩平,秦国新,等. 脱毒苹果树叶片矿质营养元素含量变化研究[J]. *山西农业科学* ,2006 ,34(2) : 39 -43.
- Liu H , Zhao C P , Qin G X *et al.* Variations of the contents the mineral elements in leaves of virus free apple trees [J]. *J. Shanxi Agric. Sci.* ,2006 ,34(2) : 39 -43.
- [21] 马建军,边卫东,于凤鸣,等. 日光温室甜樱桃叶片中矿质营养元素含量的动态变化 [J]. *河北科技师范学院学报* ,2006 ,20(3) : 13 -16.
- Ma J J , Bian W D , Yu F M *et al.* Variation of mineral nutrient elements in sweet cherry leaf during growth in solar green-house [J]. *J. Hebei Normal Univ. Sci. Tech.* ,2006 ,20(3) : 13 -16.
- [22] 陈波浪,盛建东,李建贵. 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. Study on N , P , K absorption and accumulation in *Zizyphus jujube* tree [J]. *Plant Nutr. Fert. Sci.* ,2011 ,17(2) : 445 -450.
- [23] 曾德慧,陈广生,陈伏生. 不同林龄樟子松叶片养分含量及其再吸收效率[J]. *林业科学* ,2005 ,41(5) : 22 -32.
- Zeng D H , Chen G S , Chen F S. Foliar nutrients and their resorption efficiencies in four *Pinus sylvestris* var. *mongolica* plantations of different ages on sandy soil [J]. *Sci. Sil. Sin.* ,2005 ,41(5) : 22 -32.