

doi: 10.11707/j.1001-7488.20140702

保墒措施对临猗梨枣叶片矿质元素含量和产量的影响^{*}

浦俊¹ 徐福利^{1,2} 王渭玲¹

(1. 西北农林科技大学生命科学学院 杨凌 712100;

2. 西北农林科技大学 中国科学院水利部水土保持研究所 杨凌 712100)

摘要: 以 8 年生矮化密植山地临猗梨枣为试验材料, 野外试验与室内分析相结合, 研究在滴灌、秸秆覆盖、积水鱼鳞坑措施下, 连续多年氮、磷、钾配施和不施肥等 6 种处理 (A. 滴灌 + 施肥; B. 滴灌; C. 秸秆覆盖 + 施肥; D. 秸秆覆盖; E. 施肥; F. 对照) 对梨枣叶片中 9 种矿质元素 (N, P, K, Fe, Mn, Cu, Zn, Ca, Mg) 季节累积动态的影响。结果表明: 滴灌处理可提高叶片中 N, P, K, Mg, Mn, Cu 的含量, P, K, Mn, Cu, Zn 的含量在秸秆覆盖中最低, 秸秆覆盖 + 施肥可显著提高 P, K, Mn, Cu, Zn, Fe 的含量; 除 Mg 外, 其余元素含量以施肥处理最高。不同保墒措施下, 各元素含量呈现相似的变化趋势, 叶片 N, P, K 含量呈降低趋势; Ca, Mn 含量呈上升趋势, Mg 含量先上升后保持稳定, 然后再下降并保持稳定; Zn 含量呈降低 - 升高 - 降低的趋势; Fe 含量先升高后降低; Cu 含量呈降低 - 升高 - 降低 - 升高后保持稳定。矿质元素在叶片中的积累存在协同和拮抗作用, 不同保墒措施可改变元素间的相关程度。各处理梨枣产量大小顺序排序为: 滴灌 + 施肥 > 滴灌 > 秸秆覆盖 + 施肥 > 施肥 > 秸秆覆盖 > 对照。滴灌 + 施肥较其他处理可提高梨枣产量 47.47% ~ 143.67%。

关键词: 临猗梨枣; 保墒措施; 滴灌; 矿质元素; 累积动态

中图分类号: S718.43 文献标识码: A 文章编号: 1001-7488(2014)07-0008-09

Effects of Three Soil Moisture Conservation Measures on Dynamics of Mineral Nutrition Elements in *Ziziphus jujuba* 'Linyilizao' Leaves and Its Yield

Pu Jun¹ Xu Fuli^{1,2} Wang Weiling¹

(1. College of Life Sciences, Northwest A&F University Yangling 712100;

2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resource Northwest A&F University Yangling 712100)

Abstract: To investigate the effect of soil moisture conservation measures and drip irrigation on dynamics of mineral nutrition elements in *Ziziphus jujuba* 'Linyilizao' ('Linyilizao') leaves, an experiment was conducted in loess hilly regions. The seasonal dynamic changes of nine mineral nutrition elements (including N, P, K, Ca, Mg, Cu, Mn, Zn and Fe) in 'Linyilizao' leaves under six treatments (i. e. A. drip irrigation and fertilizer, B. drip irrigation, C. straw mulching and fertilizer, D. straw mulching, E. fertilizer, and F. control) were examined. The results showed that the contents of N, P, K, Mg, Mn and Cu elements were increased under drip irrigation and fertilizer treatment. The contents of P, K, Mn, Cu and Zn were lowest in straw mulching treatment, which were improved with fertilizer addition. With the exception of Mg element, contents of the other eight elements were relatively high with fertilizer treatment. The similar dynamics of mineral elements were observed in the growth period. N, P and K contents showed a trend of decrease while Ca, and Mn contents increased; Mg content rose to a stable level, then experienced fall; Zn and Cu contents fluctuated. Fe content increased and then decreased. Accumulation of mineral elements in leaves showed a synergistic or antagonism effect, and the different moisture conservation measures and drip irrigation changed the correlation degree between the elements. The 'Linyilizao' yield in different treatments exhibited an order of drip irrigation and fertilizer > drip irrigation > straw mulching and fertilizer > fertilizer > straw mulching > control, and the yield of drip irrigation and fertilizer was increased from 47.47% to 143.67% compared with other treatments.

Key words: *Ziziphus jujuba* 'Linyilizao'; moisture conservation measure; drip irrigation; mineral nutrition element; dynamic

收稿日期: 2013-09-11; 修回日期: 2014-03-11。

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)。

* 王渭玲为通讯作者。

枣 (*Ziziphus jujuba*) 原产我国,为鼠李科 (Rhamnaceae) 枣属 (*Ziziphus*) 植物 (曲泽洲等, 1993)。临猗梨枣 (*Ziziphus jujuba* ‘Linyilizao’) 是枣的一个重要鲜食品种 (下简称梨枣) 种植在生态环境脆弱、自然灾害频繁、水土流失和土地退化严重的陕北黄土高原丘陵区,不仅可以绿化荒山、抵抗自然灾害、保持水土,而且可以提高农民的经济收入 (高学田等, 2004; 杨庆实, 2006)。丘陵山地土壤贫瘠,干旱严重,制约梨枣生长,产量与品质低,严重影响了梨枣产业化发展和当地经济发展。而改善梨枣生长状况的一个关键技术就是综合调控“土壤-植物”系统中水分、养分等的运移、贮存、转化,以达到增加产量、节约水肥资源、提高环境质量的目。

枣树营养和施肥研究主要集中在叶片矿质营养含量动态,施肥配比与产量、品质的关系,氮素的吸收、分配及利用特性等方面。张彤彤等 (2012) 研究了滴灌条件下梨枣叶片中 N、P、K 含量动态。柴仲平等 (2011a; 2011c) 研究了 N、P、K 不同配比滴灌施肥对灰枣 (*Ziziphus jujuba* ‘Huizao’) 中矿质元素含量、产量与品质的影响及其施肥效应。刘璇等 (2013) 研究了滴灌条件下陕西梨枣 N、P、K 施肥效应。在水分管理方面,梨枣滴灌能达到节水高产的效果 (张陆军等, 2010),并提高梨枣食用品质 (于金刚等, 2010),同时能够提高肥料利用率,起到节水作用 (隋岩等, 2011)。秸秆覆盖有减少土壤蒸发、提高土壤含水量、调节地温、增产等作用,覆盖处理比无覆盖处理显著提高了作物产量和水分利用效率 (Vos *et al.*, 1995; 牛涛等, 2008)。孙盛辉 (2005) 研究认为,鱼鳞坑有拦蓄坡面径流、沉淀泥沙的作用。王晶等 (2012) 认为鱼鳞坑整地能改变地形而缩短径流线,提高入渗和减小径流量,强化降水的就地拦蓄和入渗,从而使土壤含水量显著提高。

植物的矿质营养成分是反映植物在一定生境下从土壤中吸收和蓄积矿质养分的能力,研究植物的矿质营养成分及其季节变化对揭示树种的营养需求有重要意义。然而,在陕北地区对枣的研究还局限在 N、P、K 等元素方面,将保墒措施与植物矿质营养成分相结合的研究尚未见报道。为此,本文采用 N、P、K 配施,以及滴灌处理、秸秆覆盖处理和鱼鳞坑处理,结合室内植物矿质营养成分分析,研究陕北地区保墒措施对山地梨枣的影响,为陕北丘陵区对其水肥管理提供参考,指导人们适时适量地施肥,满足梨枣最佳生长需要,以达到节省肥料、保护环境、提高经济效益的目的。

1 试验地概况与研究方法

1.1 试验地概况

试验地位于陕西省榆林市米脂县银州镇孟岔村西北农林科技大学集雨微灌山地红枣示范基地, 37°43′—38°08′N, 100°15′—110°16′E, 为典型的黄土丘陵沟壑区,水土流失严重。本区属中温带半干旱性气候,全年雨量不足,气候干燥。1976—2009 年平均降水量为 414.3 mm,降水年际变化率为 17.3%,季节性分布不均匀,4—6 月降水量少,且多为 10 mm 以下的无效降雨,而 6—9 月则占到降水量的 74.3% 左右,且多以暴雨形式出现,强度大,每年有相当一部分雨水流失。试验地土壤类型为黄绵土,土壤密度 $1.21 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 0~60 cm 有效铁 $6.13 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,有效锰 $5.86 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,有效铜 $0.74 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,有效锌 $0.12 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,有效钙 $8857 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,有效镁 $227 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。2010 年和 2011 年降雨量如表 1,土壤基础肥力如表 2。

表 1 2010 和 2011 年米脂试验地 5—9 月降雨量

Tab. 1 Monthly rainfall from May to September in the test field in Mizhi county

年份 Year	降雨量 Rainfall/mm				
	5 月 May	6 月 June	7 月 July	8 月 August	9 月 September
2010	30	47.4	24	125	19.5
2011	34.3	63.4	95.8	110.3	61.8

表 2 土壤基础肥力

Tab. 2 The basic fertility of soil

土层 Soil depth/cm	有机质 Organic matter/($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	碱解氮 Available N/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	速效磷 Available phosphorus/($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	速效钾 Available potassium/($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	pH
0~20	2.00	35.11	2.39	87.57	8.6
20~40	1.86	34.99	2.13	95.29	8.5
40~60	1.83	34.09	2.01	77.87	8.5

1.2 试验设计

本试验为长期定位施肥试验。试验于 2007 年 4 月 20 日开始布置,供试品种为 8 年生(2010 年时的树龄)山地矮化密植梨枣,树势基本一致,栽植密度 $1\ 650\ \text{株}\cdot\text{hm}^{-2}$ ($2\ \text{m}\times 3\ \text{m}$)。试验采用 N、P、K 配施,其中 N $180\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, P_2O_5 $225\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, K_2O $250\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ (张彤彤, 2012)。N 肥用尿素(N 46%), P 肥用过磷酸钙(P_2O_5 12%), K 肥用硫酸钾(K_2O 51%)。施肥采用穴施的方法:在树冠下两侧距树体主干 30~50 cm 处挖深 20~30 cm、宽 40 cm 的沟穴,将肥料与部分土充分混合后撒入穴内,覆土填平。于 2010 年 4 月 15 日、2011 年 4 月 25 日将施肥方案中全部 P 肥和 K 肥、50% N 肥以基肥施入,剩余的 50% N 肥在 2010 年 7 月 25 日和 2011 年 7 月 25 日以追肥施入。滴灌措施为:山地鱼鳞坑滴灌,即进行施肥后第 1 次灌水,后 2 次灌水分别于 6 月 12 日(萌芽展叶期)和 7 月 20 日(果实膨大期)进行。每株梨枣树布置 2 个滴头,出水量为 $3\ \text{L}\cdot\text{h}^{-1}$, 单次灌水 80 L (张陆军等, 2010); 鱼鳞坑里保墒区覆盖材料为玉米秸秆,平均每株树覆盖 5 kg 秸秆,大小为以树干为圆心、0.5 m 为半径的圆形面积。鱼鳞坑模式为传统积水鱼鳞坑。

试验共设计 6 个处理,分别为: A. 滴灌 + 施肥; B. 滴灌; C. 秸秆覆盖 + 施肥; D. 秸秆覆盖; E. 施肥; F. 对照(除鱼鳞坑外,未采取其他措施)。不同处理之间相隔 3 m。采用完全随机设计,每个处理 3 株梨枣,单株小区,每株 3 次重复。

1.3 样品采集与测定方法

叶片采集: 试验期间定期采取梨枣叶片,分别于 2011 年 6 月 6 日(萌芽展叶期)、6 月 26 日(开花坐果期)、7 月 11 日(幼果期)、7 月 25 日(果实膨大期)、8 月 9 日(熟前速长期)、8 月 27 日(白熟期)、9 月 11 日(着色期)、9 月 26 日(脆熟期)取样,共计 8 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,经 $105\ ^\circ\text{C}$ 杀青 10 min, $75\ ^\circ\text{C}$ 烘干至恒质量,称量。干燥样品用不锈钢粉碎机粉碎混匀,过 0.5 mm 筛后装入自封袋,贴好标签,用于测定养分含量。

养分测定: 叶片中的全 N 采用全自动定氮仪 - K9860 测定; 全 P 采用紫外 - 可见光光度计 UV-2450/2550 用钼锑抗比色法测定; 全 K 采用 M410 火焰光度计测定; Ca、Mg、Fe、Mn、Zn、Cu 经 $1\ \text{mol}\cdot$

L^{-1} HCl 浸泡(24 h)处理后,用原子吸收分光光度计 - 4530F 测定。土壤养分测定采用常规农化分析方法(鲍士旦, 2000),其中有效态 Fe、Mn、Cu、Zn 采用二乙基三胺五乙酸(DTPA)浸提(鲁如坤, 2000)后用原子吸收分光光度计(-4530F)测定,有效态 Ca、Mg 经乙酸铵溶液浸提后用原子吸收分光光度计测定(姚丽贤等, 2006)。室内分析测试每个样品 3 次重复。

产量: 枣果成熟之后,采用单株单收方法,每次采摘果实都做记录,直至小区果实采摘结束,计算单株产量并换算成总产量。

土壤含水量: 采用土钻法,每隔 10 cm 取 1 次土样,取至 1 m,灌水 24 h 后开始测定,以后每隔 15 天左右测定 1 次,雨后加测含水量。

试验数据的统计分析采用 Microsoft Excel 2010 处理。

2 结果与分析

2.1 土壤平均含水量

0~60 cm 土壤平均含水量如图 1 所示。滴灌 + 施肥(A)处理后土壤含水量升高,在 4 月 27 日—7 月 15 日之间持续高于其他处理,然后下降至与其他处理接近。7 月 21 日(果实膨大期)后由于持续降雨,导致各处理含水量均较高。

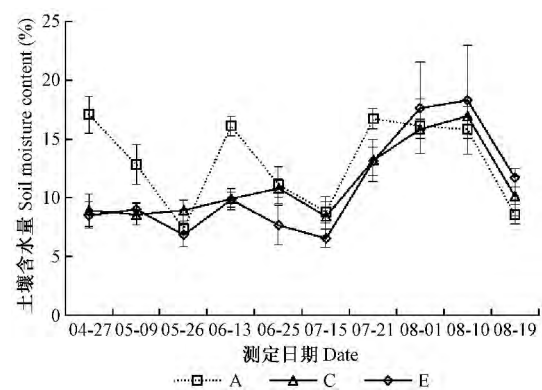


图 1 不同处理 0~60 cm 土壤平均含水量

Fig. 1 Soil moisture contents of 0-60 cm in different treatments

2.2 不同保墒措施对密植梨枣叶片营养元素季节累积动态的影响

2.2.1 不同保墒措施对梨枣叶片 N、P、K 季节累积动态的影响 梨枣叶片 N 含量季节动态变化如图 2a 所示。叶片全 N 在梨枣生长前期含量高,随着枣果发育含量逐渐降低,在果实成熟期全 N 含量快速降低。萌芽展叶期(6 月 6 日),滴灌 + 施肥(A)处理叶片全 N 含量显著高于其他处理,在生长过程中一直保持最高,说明滴灌下 N 的吸收要优于其他处

理。从 6 月 6 日开始,随着枣果生长,叶片 N 含量迅速减少,直到幼果期(7 月 11 日) 9 月中下旬,叶片 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 11 日之前,这一时期是 N 素营养的敏感期。

叶片全 P 在梨枣生长前期含量高,在果实成熟期之前,各处理中全 P 含量变化相近(图 2b)。滴灌 + 施肥(A)处理叶片全 P 含量最高,其次为滴灌(B),这说明滴灌下施肥或不施肥都能显著提高梨枣叶片全 P 含量。秸秆覆盖(D)和对照(F)中,果实成熟期全 P 含量出现大幅降低,之后又升高。叶片 P 含量变化最明显的时期也出现在枣树开花期,即 7 月 11 日之前,这一时期是 P 素营养的敏感期。

梨枣叶片全 K 含量变化复杂,总体上是先升高后降低(图 2c)。除秸秆覆盖(D)处理外,各处理中全 K 含量在开花坐果期(6 月 26 日)或果实膨大期(7 月 11 日)达到最大,随后开始降低,在果实成熟期(9 月 26 日)达到最低。在开花坐果期,滴灌 + 施肥(A)及滴灌(B)、施肥(E)、秸秆覆盖 + 施肥(C)处理叶片全 K 含量上升到比较接近的水平,之后下降幅度差异较大。秸秆覆盖(D)处理叶片全 K 含量一直降低。滴灌 + 施肥(A)和滴灌(B)处理全 K 含量在各个时期都较高。果实膨大期(7 月 25 日),滴灌(B)、施肥(E)、秸秆覆盖(D)和对照(F)处理,全 K 含量出现明显降低,之后又迅速升高。

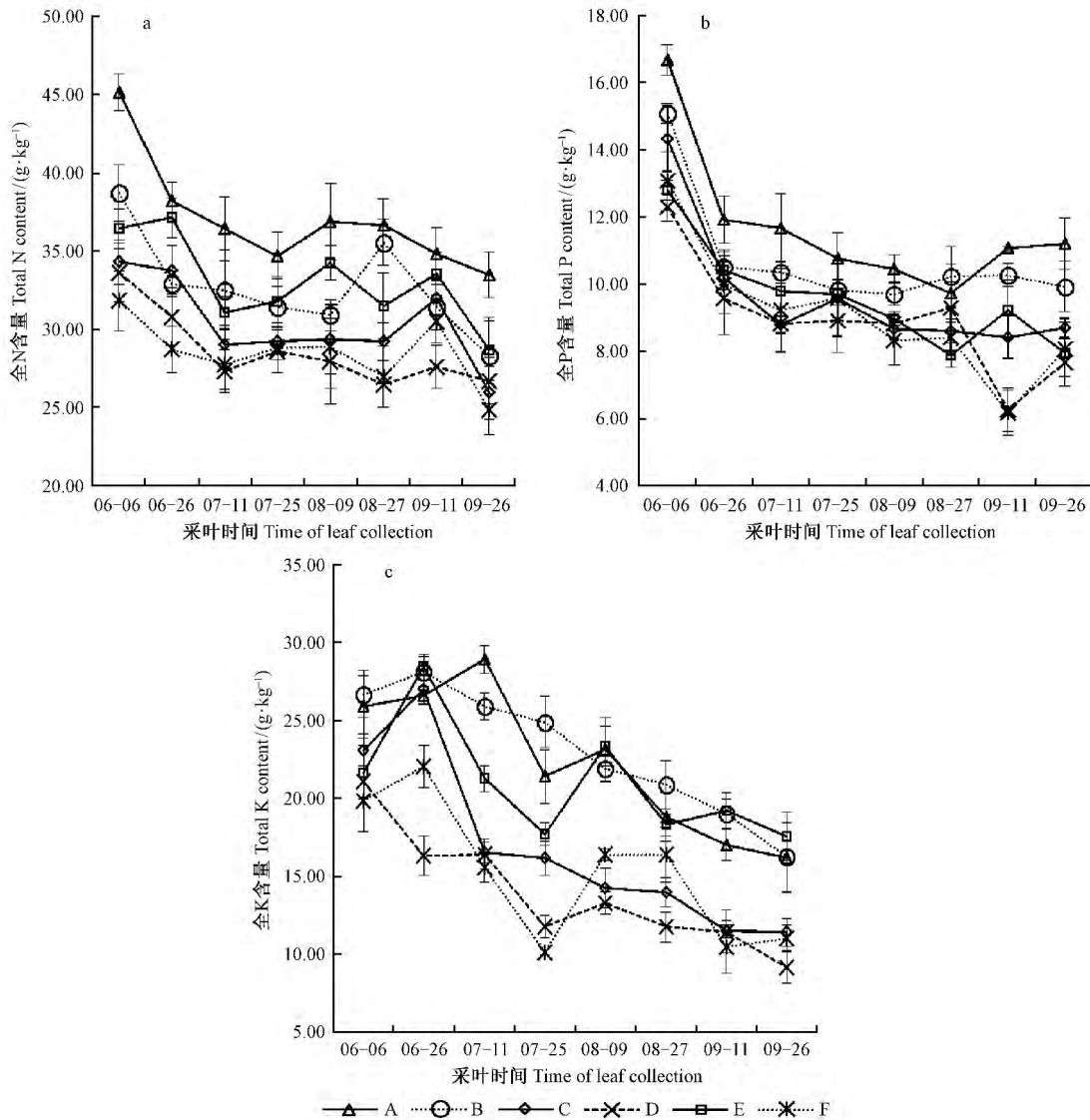


图 2 不同处理梨枣叶片全 N、全 P、全 K 元素含量季节累积动态

Fig.2 Changes of total N, total P and total K contents in different treatments

2.2.2 不同保墒措施对梨枣叶片 Ca, Mg, Zn, Fe, Mn, Cu 季节累积动态的影响 不同节水措施条件

下,梨枣叶片中 Ca 含量随生长呈不断增加的趋势,在着色期—脆熟期(9 月中下旬)增加量减少且保持

平稳(图 3a)。在滴灌条件下,无论施肥还是不施肥处理的 Ca 元素含量均较低,呈相似的变化趋势,不施肥处理的 Ca 含量略高于施肥处理,除了 6 月 26 日、8 月 9 日以外,Ca 含量均无明显差异;在秸秆覆盖条件下,梨枣叶片 Ca 含量无明显差异,但不施肥处理 Ca 含量略高于施肥处理;在鱼鳞坑条件下,不施肥处理 Ca 元素含量显著高于施肥处理。在相同的施肥条件下,果实成熟期,梨枣叶片 Ca 含量大小顺序为:秸秆覆盖(D) > 对照(F) > 滴灌(B),且三者差异显著,说明秸秆覆盖更有利于梨枣叶片对 Ca 元素的吸收。

在各处理中,梨枣叶片中 Mg 含量在萌芽展叶期(6 月 6 日)上升较快,随后变化相对平稳,于熟前速长期(8 月 9 日)达到最高,之后开始下降并保持稳定(图 3b)。秸秆覆盖(D)处理 Mg 含量明显降低。熟前速长期—白熟期(8 月 9 日—8 月 27 日)Mg 含量降低,并一直保持稳定。在各生长期,滴灌+施肥(A)处理显著提高了 Mg 含量,滴灌(B)处理的 Mg 含量也显著高于其他处理,说明滴灌下无论施肥还是不施肥都促进了梨枣叶片对 Mg 的吸收。

Zn 含量在各处理中呈先下降后上升再下降的趋势(图 3c)。在萌芽展叶期(6 月 6 日),秸秆覆盖+施肥(C)、滴灌+施肥(A)和施肥(E)处理显著提高了 Zn 含量。在 3 种保墒措施,施肥对 Zn 含量的提高作用明显。幼果期—果实膨大期(7 月 11 日—7 月 25 日),各处理中 Zn 含量最低,说明此时 Zn 已经从叶片中大量转移出去,树体需要大量的 Zn 元素。随着枣果的生长,熟前速长期—白熟期(8 月 9 日—8 月 27 日)的 Zn 含量较为稳定,在着色期—脆熟期(9 月 11 日—9 月 26 日)出现明显降低。秸秆覆盖+施肥(C)、滴灌+施肥(A)和施肥(E)处理在萌芽展叶期(6 月 6 日)Zn 含量均最高,而在后期的生长中,施肥(E)处理保持了最高的 Zn 含量,对 Zn 吸收的促进作用更加明显。

各处理中梨枣叶片 Fe 含量在开花坐果期(6 月 26 日)均最高,之后降低,一直到白熟期(8 月 27 日)才出现含量的升高(图 3d)。在 3 种保墒措施下,施肥处理均能提高 Fe 含量,以滴灌+施肥(A)处理对 Fe 含量的提高最明显,且比其他处理长,对照(F)处理中 Fe 含量呈降低的趋势,且至开花坐果期也没有出现 Fe 含量的升高。

在各处理中,Mn 含量随枣果生长不断增加(图 3)。滴灌+施肥(A)处理对 Mn 的提高作用最明显,在整个生长期,滴灌+施肥(A)处理的 Mn 含量最高,其次是滴灌(B)。2 种处理中,Mn 含量均在果

实膨大期开始稳定,说明滴灌条件下水和肥的相互作用对 Mn 的吸收起到了重要作用。

各处理中 Cu 含量呈现相似的变化趋势(图 3f),先减小,后升高,再减小,最后升高并保持一定的稳定。在开花坐果期(6 月 26 日),梨枣叶片中 Cu 含量显著降低后升高,在幼果期—熟前速长期(7 月 11 日—8 月 9 日)Cu 含量显著降低后再升高,进入白熟期后变化不大。在果实成熟期之前,应注意防止树体缺乏 Cu 元素。在梨枣整个生长期,滴灌+施肥(A)处理都显著提高了 Cu 含量,其中萌芽展叶期(6 月 6 日)提高作用最为明显,说明滴灌下水和肥的相互作用促进了 Cu 的吸收。

N、P、Zn、Cu、Fe 含量在萌芽展叶期—果实膨大期出现大幅下降,可能是由于该期间枣吊和叶片的迅速生长稀释了这些元素的含量。

3 种保墒措施中,叶片 N、P、K 的含量逐渐降低,这与苹果梨(*Pyrus pyrifolia* cv. 'Pingguoli')叶片(陈艳秋等,2000)、核桃(*Juglans regia*)叶片(郭向华等,2011)、秋茄树(*Kandelia candel*)叶片(Wang *et al.*, 2003)中 N、P、K 的变化相似。N、P、K、Mg、Zn 在果实成熟期—落叶期都有减小的现象,这可能是元素向枣果中转移,或是因为衰老的叶片在凋落前将元素转移到多年生的器官中,以减少矿质元素通过凋落物的分解,为来年新生叶生长提供必需的养分(Del *et al.*, 1991),从而降低了植物群落对土壤养分库的依赖性(Sollins *et al.*, 1980; Lim *et al.*, 1986),同时提高对已吸收养分的利用效率(Pugnaire *et al.*, 1993)。

2.3 梨枣叶片不同元素的相关性分析

不同保墒措施元素间的相关性见表 3。叶片 N 与 K、Cu 含量呈正相关,与 P 和 Zn 含量呈极显著正相关,与 Fe 含量呈负相关,与 Ca、Mn 含量呈显著负相关,与 Mg 含量呈极显著负相关。叶片 P 与 Ca、Fe 含量呈负相关,与 Mn 含量呈显著负相关,与 Mg 含量呈极显著负相关,叶片 P 与 K、Cu 含量呈正相关,与 Zn、N 含量呈极显著正相关。叶片 K 与 P、Fe、Zn、N 含量呈正相关,与 Mg、Cu 含量呈负相关,与 Ca、Mn 含量呈极显著负相关。

秸秆覆盖条件下,叶片 N 与 P、Fe、Zn 含量呈正相关,与 K 含量呈显著正相关。叶片 P 与 Cu、Fe、N、K 含量呈正相关,与 Zn 含量呈显著正相关,与 Mg 含量呈显著负相关,与 Ca、Mn 含量呈极显著负相关。叶片 K 与叶片 P、Fe、Zn 含量呈正相关,与 N 含量呈显著正相关,与 Mg、Cu 含量呈负相关,与 Ca、Mn 含量呈极显著负相关。

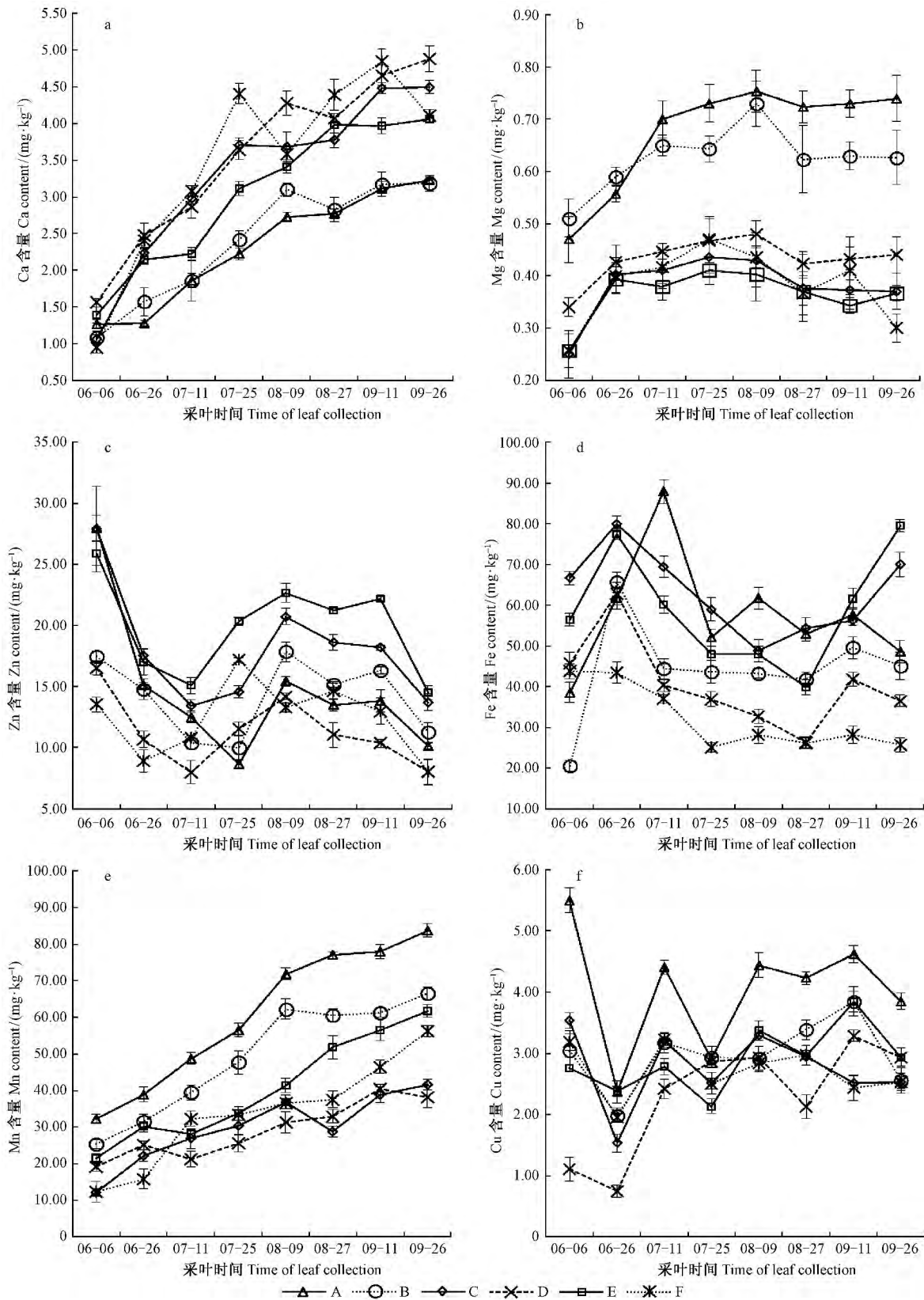


图 3 不同处理梨枣叶片钙、镁、锌、铁、锰、铜含量季节累积动态

Fig. 3 Changes of Ca, Mg, Zn, Fe, Mn and Cu contents in different treatments

在施肥处理中,叶片 N 与 Fe, Zn 含量呈正相关,与 K, P 含量呈显著正相关,与 Ca, Mn, Mg, Cu 含量呈负相关。叶片 P 与 K, Fe, Zn 含量呈正相关,与

N 呈显著正相关,与 Cu, Mg 呈负相关,与 Mn 呈显著负相关,与 Ca 含量呈极显著负相关。

在滴灌 + 施肥及滴灌处理中, N, P, K 与 Ca,

Mn ,Mg 含量呈显著或极显著负相关。滴灌对 N ,P ,K 含量的提高将导致 Ca ,Mn ,Mg 含量的降低,使用滴灌时,应注意观察 Ca ,Mn ,Mg 的缺素症状,缺素时通过叶面喷施补充,但施用量等还需进一步研究。

在不同保墒措施中,元素之间的相关程度不同。2 个元素的含量在某些处理中相关显著,而在其他处理中则不显著。如 N ,P 在秸秆覆盖、施肥、滴灌、

滴灌 + 施肥处理中呈显著或极显著正相关,而在秸秆覆盖 + 施肥、对照处理中则相关不显著。同样的现象出现在 N-Ca ,N-Mn ,N-K ,N-Mg ,N-Cu ,N-Zn ,P-Ca ,P-Mn ,P-K ,P-Mg ,P-Cu ,P-Fe ,P-Zn ,K-Ca ,K-Mn ,Ca-Mg ,Ca-Cu ,Ca-Fe ,Mg-Mn ,Mg-Zn ,Fe-Mn 中。说明水分条件和配方施肥在影响梨枣叶片的矿质元素吸收与积累时产生协同或拮抗作用。

表 3 不同保墒措施元素间的相关性^①

Tab. 3 Correlation between nutrient elements under different condition

相关元素 Element	滴灌 + 施肥 Drip irrigation and fertilizer(A)	滴灌 Drip irrigation(B)	秸秆覆盖 + 施肥 Straw mulching and fertilizer(C)	秸秆覆盖 Straw mulching(D)	施肥 Fertilizer(E)	对照 Control(F)
N-P	0.874**	0.808*	0.667	0.788*	0.724*	0.410
N-Ca	-0.740*	-0.693	-0.728*	-0.848**	-0.630	-0.468
N-Mn	-0.748*	-0.650	-0.715*	-0.662	-0.600	-0.626
N-K	0.566	0.558	0.747*	0.845**	0.783*	0.295
N-Mg	-0.887**	-0.680	-0.475	-0.740*	-0.328	-0.019
N-Cu	0.459	0.184	-0.126	-0.751*	-0.060	0.111
N-Fe	-0.337	-0.563	0.253	0.630	0.020	0.494
N-Zn	0.960**	0.460	0.682	0.714*	0.547	0.437
P-Ca	-0.668	-0.722*	-0.877**	-0.852**	-0.908**	-0.890**
P-Mn	-0.727*	-0.684	-0.842**	-0.816*	-0.832*	-0.827*
P-K	0.456	0.422	0.676	0.817*	0.435	0.627
P-Mg	-0.878**	-0.817*	-0.803*	-0.662	-0.644	-0.472
P-Cu	0.458	0.039	0.273	-0.776*	-0.310	0.321
P-Fe	-0.376	-0.708*	0.324	0.227	0.073	0.712*
P-Zn	0.871**	0.418	0.773*	0.682	0.457	0.100
K-Ca	-0.869**	-0.885**	-0.880**	-0.951**	-0.579	-0.797*
K-Mn	-0.859**	-0.913**	-0.838**	-0.843**	-0.532	-0.818*
K-Mg	-0.565	-0.360	-0.275	-0.671	0.077	-0.303
K-Cu	-0.022	-0.362	-0.287	-0.759*	-0.167	0.066
K-Fe	0.485	0.002	0.647	0.519	0.340	0.820*
K-Zn	0.401	0.016	0.400	0.567	-0.027	-0.255
Ca-Mn	0.989**	0.991**	0.960**	0.916**	0.945**	0.832*
Ca-Mg	0.849**	0.705	0.571	0.651	0.432	0.545
Ca-Cu	0.125	0.351	-0.180	0.843**	0.501	-0.266
Ca-Fe	-0.078	0.234	-0.469	-0.587	-0.131	-0.906**
Ca-Zn	-0.561	-0.029	-0.644	-0.463	-0.158	0.223
Mg-Mn	0.848**	0.671	0.569	0.374	0.228	0.133
Mg-Cu	-0.124	0.133	-0.395	0.646	-0.177	-0.297
Mg-Fe	0.319	0.345	-0.180	-0.314	-0.037	-0.369
Mg-Zn	-0.817*	-0.137	-0.751*	-0.470	-0.539	0.370
Fe-Mn	-0.061	0.166	-0.414	-0.378	0.115	-0.847**
Fe-Cu	-0.146	-0.411	-0.517	-0.667	-0.077	0.048
Fe-Zn	-0.398	-0.220	-0.185	0.030	-0.610	-0.347
Mn-Cu	0.060	0.345	-0.169	0.654	0.579	-0.081
Mn-Zn	-0.583	-0.034	-0.596	-0.379	-0.217	-0.134
Cu-Zn	0.615	0.189	0.456	-0.355	0.278	0.291

① * ,** 分别表示在 0.05 和 0.01 水平差异显著。* and ** indicate significance at the 0.05 and 0.01 levels , respectively.

2.4 不同处理对梨枣产量的影响

滴灌 + 施肥 (A) 处理梨枣产量最高,达到 27 412.86 kg·hm⁻²。不同保墒措施下,施肥处理梨枣产量均高于其对照,且差异显著。其中,滴灌 + 施

肥 (A) 与滴灌 (B)、秸秆覆盖 + 施肥 (C)、秸秆覆盖 (D)、施肥 (E)、对照 (F) 相比,产量分别提高了 47.47% , 58.53% , 138.91% , 72.75% 和 143.67%。各处理产量按大小顺序排序为:滴灌 + 施肥 (A) >

滴灌(B) > 秸秆覆盖 + 施肥(C) > 施肥(E) > 秸秆覆盖(D) > 对照(F) (图4)。

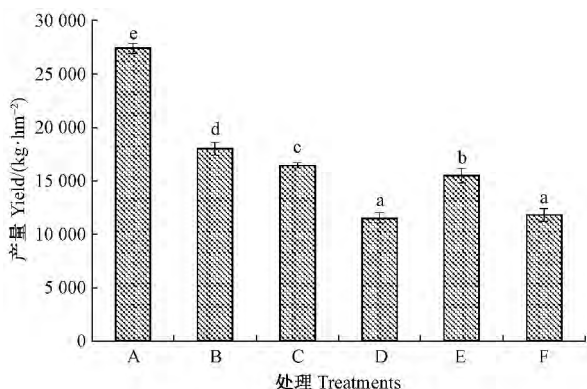


图4 不同处理对产量的影响

Fig. 4 Effects of different treatments on yield

不同字母表示处理间在5%水平上差异显著。Different letters mean significant between treatments at the 5% level.

3 讨论与结论

不同水分条件影响土壤养分的有效性,也影响作物生长及养分的吸收、转运、转化和同化(Li, 1999; Ohashi *et al.*, 2000; 吴海卿等, 2000)。本研究中,不同保墒措施梨枣叶片矿质营养元素含量、元素相关程度以及产量有不同的表现。

滴灌条件下施肥提高了梨枣叶片元素含量和产量,其效果优于其他保墒措施,滴灌可作为该地区适宜的水分补充形式。

Ca是植物体内重要的信号传递物质,参与干旱信号的传递(关军锋等, 2001)。Ca含量在对照中最高,而在滴灌+施肥及滴灌处理中含量最低,从4月底—7月中旬,对照处理土壤含水量持续低于滴灌处理,Ca含量的不同,可能是因枣树对水分条件的不同响应造成的,其机制有待进一步研究。

秸秆覆盖能抑制土壤蒸发,有利于提高产量和作物水分利用效率(朱自玺等, 2000; 陈素英等, 2005),同时还能提高肥力,抑制杂草生长(江永红等, 2007)。本研究表明:秸秆覆盖+施肥相对于秸秆覆盖更有利于叶片各元素含量和产量的提高,在滴灌+施肥与滴灌、施肥与对照处理中也有相同的结果,秸秆覆盖、滴灌能改善土壤水分状况。黄土丘陵区坡地枣园土壤肥力低,保肥、保水性差(闫亚丹等, 2009)。在枣园采用秸秆覆盖时,配合肥料的施用能提高叶片矿质元素含量及梨枣产量。水肥耦合能使水肥产生协同作用,达到“以水促肥”、“以肥调水”的作用(梁运江等, 2003)。王巧仙等(2013)研究表明水肥耦合能提高肥料利用率,提高梨果实

品质指标。安华明(2007)研究表明水肥耦合能显著提高柑橘(*Citrus reticulata*)产量,增加了柑橘树体对肥料的吸收利用。胡安焱等(2010)在滴灌条件下对新疆干旱区红枣的研究表明:水对生育期红枣产量的效应大于肥料,水肥合理时,其交互效应使红枣产量明显增加。

对作物及果树水肥耦合的研究主要是产量和品质对水肥耦合效应的响应(温利利等, 2012; 谢迎新等, 2007; 朱德兰等, 2004; 王进鑫等, 2004; 柴仲平等, 2011a; 2011b)。本研究侧重于梨枣叶片中9种矿质元素季节动态、相关性和梨枣产量对不同水肥条件的响应,从梨枣叶片营养方面分析陕北丘陵区不同保墒措施的特点,初步证实梨枣叶片矿质营养元素动态和产量受到不同水肥条件的影响。不同水分条件下,N、P、K与水的耦合作用对梨枣叶片矿质元素季节动态及产量的影响还需进一步研究。

参 考 文 献

- 安华明,樊卫国,王启勇. 2007. 肥水耦合对柑橘产量和品质的影响. 耕作与栽培, (5): 18-19.
- 鲍士旦. 2000. 土壤农化分析. 北京: 中国农业出版社.
- 柴仲平,王雪梅,孙霞,等. 2011a. 不同氮磷钾配比滴灌对灰枣产量与品质的影响. 果树学报, 28(2): 229-233.
- 柴仲平,王雪梅,孙霞,等. 2011b. 滴灌条件下灰枣施肥效应研究. 节水灌溉, (7): 20-22.
- 柴仲平,王雪梅,孙霞,等. 2011c. 氮磷钾不同配比滴灌施肥对灰枣中矿质元素含量的影响. 节水灌溉, (5): 23-26.
- 陈艳秋,曲柏宏,牛广才,等. 2000. 苹果梨果实矿质元素含量及其品质效应的研究. 吉林农业科学, 25(6): 44-48.
- 陈素英,张喜英,裴冬,等. 2005. 玉米秸秆覆盖对麦田土壤温度和土壤蒸发的影响. 农业工程学报, 21(10): 171-173.
- 高学田,郑粉莉. 2004. 陕北黄土高原生态环境建设与可持续发展. 水土保持研究, 11(4): 47-49.
- 郭向华,李保国,张雪梅. 2011. 早实薄皮核桃叶片矿质元素年变化规律研究. 河北林果研究, 26(2): 153-156.
- 关军锋,李广敏. 2001. Ca²⁺与植物抗旱性的关系. 植物学通报, 18(4): 473-478.
- 胡安焱,董新光,魏光辉,等. 2010. 滴灌条件下水肥耦合对干旱区红枣产量的影响. 灌溉排水学报, 29(6): 60-63.
- 江永红,宇振荣,马永良. 2001. 秸秆还田对农田生态系统及作物生长的影响. 土壤通报, 32(5): 209-213.
- 刘璇,王渭玲,徐福利,等. 2013. 黄土丘陵区梨枣树氮、磷、钾施肥效应与施肥模式. 林业科学, 49(2): 21-26.
- 鲁如坤. 2000. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出版社.
- 梁运江,依艳丽,尹英敏,等. 2003. 水肥耦合效应对辣椒产量影响初探. 土壤通报, 34(4): 262-266.
- 牛涛,汪有科,吴普特,等. 2008. 不同保墒措施对枣园土壤温、湿度及枣树生长特征的影响. 灌溉排水学报, 27(1): 35-38.

- 曲泽洲,王永惠. 1993. 中国枣树志·枣卷. 北京: 中国林业出版社.
- 隋岩,冯志文,王翠玲,等. 2011. 水肥耦合对设施草莓生长、产量品质及水分利用效率的影响. 山东农业大学学报: 自然科学版, 42(3): 369-375.
- 孙盛辉. 2005. 鱼鳞坑在治理水土流失中的应用. 水利科技与经济, 11(9): 72.
- 王晶,朱清科,云雷,等. 2012. 黄土高原不同规格鱼鳞坑土壤水分状况研究. 水土保持通报, 31(5): 76-80.
- 温利利,刘文智,李淑文,等. 2012. 水肥耦合对夏玉米生物学特性和产量的影响. 河北农业大学学报, 35(3): 14-19.
- 吴海卿,杨传福,孟兆江. 2000. 应用¹⁵N示踪技术研究土壤水分对氮素有效性的影响. 土壤肥料, (1): 16-18.
- 王进鑫,张晓鹏,高保山. 2004. 水肥耦合对矮化富士苹果幼树的促花作用研究. 干旱地区农业研究, 22(3): 47-50.
- 王巧仙,张江红,张玉星. 2013. 水肥耦合对梨园土壤养分和果实品质的影响. 中国果树, (4): 18-23.
- 谢迎新,张淑利,王永华,等. 2007. 水磷耦合对夏玉米生长发育的影响. 河南农业科学, (12): 22-25.
- 杨庆实. 2006. 陕北黄土高原地区生态环境问题及对策研究. 聊城大学学报: 自然科学版, 19(3): 69-71.
- 于金刚,王敏,李援农,等. 2010. 不同滴灌制度对梨枣食用品质的影响. 节水灌溉, (12): 19-23.
- 姚丽贤,周修冲,彭智平,等. 2006. 广东省柑桔园土壤养分肥力研究. 土壤通报, 37(1): 41-44.
- 闫亚丹,蒋中波,徐福利,等. 2009. 黄土高原坡地密植枣园土壤质地与肥力状况分析. 干旱地区农业研究, 27(3): 174-178.
- 张彤彤,徐福利,汪有科,等. 2012. 施用氮磷钾对密植梨枣生长与叶片养分季节动态的影响. 植物营养与肥料学报, 18(1): 241-248.
- 张彤彤. 2012. 施肥对山地梨枣叶片矿质元素季节动态变化的影响. 杨凌: 西北农林科技大学硕士学位论文.
- 张陆军,汪有科,辛小桂,等. 2010. 山地梨枣树涌泉根灌适宜布置方式与灌水量研究. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 38(3): 211-217.
- 朱自奎,赵国强,邓天宏,等. 2000. 秸秆覆盖麦田水分动态及水分利用效率研究. 生态农业研究, 8(1): 36-39.
- 朱德兰,王文娥,楚杰. 2004. 黄土高原丘陵区红富士苹果水肥耦合效应研究. 干旱地区农业研究, 22(1): 152-155.
- Del Arco J M, Escudero A, Garrido M V. 1991. Effects of site characteristics on nitrogen retranslocation from senescing leaves. Ecology, 72(2): 701-708.
- Ohashi, Y, Saneoka H, Fujita K. 2000. Effects of water stress on growth, photosynthesis, and photoassimilate translocation in soybean and tropical pasture legume Siratro. Soil Science and Plant Nutrition, 46(2): 417-425.
- Pugnaire F I, Chapin F S. 1993. Controls over nutrient resorption from leaves of evergreen mediterranean species, Ecology, 74(1): 124-129.
- Sollins P, Grier C C, Meeker F M, et al. 1980. The internal element cycles of an old-growth Douglas-fir ecosystem in western Oregon. Ecological Monographs, 50(3): 261-285.
- Lim M T, Cousens J E. 1986. The internal transfer of nutrients in a Scots pine stand. 2. The patterns of transfer and the effects of nitrogen availability. Forestry, 59(1): 17-27.
- Li S X. 1999. Management of soil nutrients on dryland in China for sustainable agriculture. Soil and Environment, 2(4): 293-316.
- Vos J G M, Uhan T S, Sutarya R. 1995. Integrated crop management of hot pepper (*Capsicum* spp.) under tropical lowland conditions: Effects of rice straw and plastic mulches on crop health. Crop Protection, 14(6): 445-452.
- Wang W, Wang M, Lin P. 2003. Seasonal changes in element contents in mangrove element retranslocation during leaf senescence, Plant and Soil, 252(2): 187-193.

(责任编辑 郭广荣)