



扁桃休眠期前后结果枝内矿质营养的变化及其对坐果的影响

郭春苗^{1,2}, 杨波², 木巴热克·阿尤普², 许娟²,
车玉红³, 龚鹏², 徐叶挺², 廖康¹

(1. 新疆农业大学 特色果树研究中心, 乌鲁木齐 830052; 2. 新疆农业科学院 园艺作物研究所,
乌鲁木齐 830091; 3. 新疆农业职业技术学院, 新疆昌吉 831100)

摘要 分析扁桃结果枝休眠期前后矿质元素的积累与代谢变化及其对坐果的影响,为扁桃低产园的改造提供理论依据。选取连续3 a持续低产和高产的2个果园作为研究对象,以新疆主栽品种‘纸皮’扁桃为试材,分析在休眠期前后结果枝木质部和韧皮部中N、P、K、Ca、Mg、B、Zn、Fe、Mn和Cu 10种矿质元素质量分数变化差异,同时统计2个果园当年坐果情况。结果表明:①扁桃休眠期前后高产园和低产园中扁桃结果枝中的矿质元素变化趋势基本一致,休眠期扁桃结果枝内的矿质元素仍呈积累或代谢状态,休眠前期质量分数升高,到扁桃打破休眠萌芽前后质量分数急剧下降;②扁桃休眠期结果枝木质部和韧皮部中N、P、K、B和Mn 5种矿质元素质量分数均表现为高产园的高于低产园的;③扁桃休眠期结果枝矿质营养的积累水平直接影响着翌年扁桃的坐果率和产量。因此,加强扁桃园的管理,促进休眠期结果枝矿质营养的积累是提高扁桃坐果率和产量的重要措施。

关键词 扁桃;休眠期;矿质元素;动态变化;产量

中图分类号 S662.9

文献标志码 A

文章编号 1004-1389(2018)08-1184-08

扁桃(*Amygdalus communis* L.)又称巴旦姆,是新疆的特色干果,在中国仅在喀什地区规模化种植,具有很高的经济价值,目前栽培面积超过6.67万hm²^[1]。而新疆扁桃产区低产园多,扁桃坐果率低及产量不高一直是制约其产业发展的瓶颈。关于提高扁桃坐果率和产量方面的研究目前主要集中在生长发育期的矿质营养需求方面,Bouranis等^[2]研究表明在发育阶段叶片和果实中营养成分的波动与花朵的营养状况有关,通过对花朵进行营养分析,可以预测叶片和果实中营养元素的变化动态;Saa等^[3]研究采用发育中的扁桃叶片分析量化整个果园养分预算和营养需求。Courtial等^[4]的报道给出扁桃N、P、K、Ca、Mg、Mn和Zn等营养元素的推荐浓度及其相互比例;Lopus等^[5]对美国扁桃园扁桃树营养管理最佳措施应用状况进行调查。杨波等^[6-8]、徐叶挺等^[9]也先后研究了扁桃发育期叶片矿质营养的动态变化、扁桃幼果生理脱落与矿质营养的关系,制定了

扁桃花、叶矿质营养的分级诊断标准,但还未见有对扁桃休眠期结果枝中矿质营养的动态变化及其与产量的关系研究的报道。与许多核果类果树一样,扁桃也属开花坐果和新梢的生长处于同一时期的果树,都需要消耗上一年储存的营养,推测上一年度树体营养物质的储存的多少,直接影响着第2年坐果率和产量的高低。本试验分别选取高产和低产扁桃园,分析休眠期结果枝矿质元素的动态变化,测定扁桃园的坐果率和产量,以期探明不同产量扁桃园休眠期扁桃营养的积累水平的差异及其与坐果率和产量的关系,为新疆扁桃低产园的改造提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

按照徐叶挺等^[10]对扁桃园产量的分级标准,分别选取同一树龄、同一品种、花果管理期采用同一管理措施,且2012—2014年连续3 a均为扁桃

收稿日期:2017-06-16 修回日期:2017-08-01

基金项目:国家自然科学基金(31460497);上海合作组织科技伙伴计划(2017E01025)。

第一作者:郭春苗,女,副研究员,在读博士研究生,研究方向为果树资源及栽培生理。E-mail:122941600@qq.com

通信作者:廖康,男,教授,博士生导师,研究方向为扁桃丰产栽培与种质创新。E-mail:liaokang01@163.com

杨波,男,副研究员,研究方向为扁桃丰产栽培与种质创新。E-mail:yangboys@163.com

高产园和低产园各 1 块,每块面积不少于 15 hm²,在扁桃园的不同位置分别标记 60 株‘纸皮’扁桃树,其中 30 株用于坐果率和产量的调查,30 株用于休眠期扁桃的结果枝动态采样,10 株为 1 个生物学重复,从 2014-11-01 扁桃落叶开始到 2015-03-20 扁桃开花前期每 20 d 采样 1 次,共计 8 次(8 次采样时间分别为 11 月 1 日、11 月 21 日、12 月 11 日、12 月 31 日、1 月 20 日、2 月 9 日、3 月 1 日、3 月 20 日,其中 11 月 1 日至 3 月 1 日前为休眠期,3 月 1 日至 3 月 20 日为芽的萌发期),随后带回实验室进行各项指标的分析。同时测定 2015 年扁桃的坐果和产量情况,进行对比分析。

1.2 高产扁桃园和低产扁桃园情况

高产扁桃园位于新疆喀什莎车县托木斯塘乡 11 村扁桃园,面积 15 hm²,2001 年定植,株行距 3 m×7 m,中等树势;土壤质地为沙壤土,其理化性状为 pH 7.9,有机质 14.8 g/kg,碱解氮 74.9 mg/kg,有效磷 15.6 mg/kg,速效钾 144.2 mg/kg;主栽品种为‘纸皮’‘晚丰’‘双软’‘矮丰’,按 1:1:1:1 搭配,互为授粉树;经扁桃资源与遗传育种课题组实地测产,该园‘纸皮’扁桃 2012—2014 年连续 3 a 的平均株产量分别为 7.5、8.9、8.1 kg,3 a 平均产量为 245 kg/667m²(30 株/667m²);2015-03-25 扁桃盛花期全县统一进行果园蜜蜂的投放(放蜂量:3 箱/667m²)和喷施花蕾宝(配比质量分数为 1 g/kg)管理,后期进行果园追施有机肥等管理。

低产扁桃园位于新疆喀什莎车县阿热勒乡 15 村扁桃园,面积 20 hm²,2001 年定植,株行距 3 m×7 m,中等树势;土壤质地偏粘性壤土,其理化性状为 pH 8.2,有机质 11.8 g/kg,碱解氮 65.3 mg/kg,有效磷 13.2 mg/kg,速效钾 122.5 mg/kg;主栽品种和授粉搭配与托木斯塘乡 11 村扁桃园相同,经扁桃资源与遗传育种课题组实地测产,该园‘纸皮’扁桃 2012—2014 年连续 3 a 的平均株产量分别仅为 1.2、2.3 和 1.7 kg,平均产量仅为 52 kg/667m²(高产园的产量是低产园的 4.71 倍),管理较差,除全县统一放蜂和喷施花蕾宝外,其他各项管理措施落实不到位。

1.3 采样方法

标记 30 株采样株,8 次采样方法为在每个标记采样株的东、南、西、北 4 个方位中部外围剪取 1 支短果枝(≤10 cm),每个处理共 40 个结果枝,

带回实验室后,按照自来水→体积分数为 0.1% 中性洗涤剂液→2 次自来水→3 次蒸馏水→2 次去离子系列漂洗的顺序处理后,将结果枝的韧皮部与木质部分离,于 105 ℃ 恒温杀青 20 min,再在 80 ℃ 条件下烘干至恒量,用不锈钢粉碎机粉碎均匀,置于阴凉干燥处保存,待测。

1.4 扁桃坐果率和单株产量的调查

标记好 30 株坐果率和单株产量调查株后,于 2015-03-15 花蕾膨大期分南、北 2 个方向分别标记 2 个结果大枝(花朵数不少于 100 朵),调查花朵数,再在 5 月 25 日生理落果期结束坐果稳定后调查结果数,计算坐果率。单株产量的调查方法为实测法,于当年 8 月 1 日分别对高、低产园各 10 株‘纸皮’扁桃成熟期单株分别采收成熟果实、人工脱青皮统一晾晒至含水量降到 8% 以下后称量,统计平均值为单株产量。

1.5 矿质元素质量分数的测定

矿质元素质量分数的测定于新疆农业职业技术学院实验室进行,参考杨波等^[6-8]的测定方法进行:N 采用凯氏定氮法;P 用钒钼黄比色法;B 采用姜黄素—草酸比色法;K、Ca、Fe、Mg、Zn、Mn 和 Cu 采用原子吸收分光光度法测定。

1.6 数据分析

采用 Excel 2007 处理试验数据并作图,用 DPS 9.50 进行方差分析,以 Duncan's 新复极差法比较不同果园间的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 高、低产园扁桃休眠期结果枝中 N、P、K 元素质量分数的比较

由图 1 可知,在扁桃开始休眠(11 月 1 日)到花蕾膨大(3 月 20 日)的 140 d 内,树体内木质部和韧皮部中的 N、P、K 元素质量分数呈规律的变化:①N、P、K 3 种元素在不同组织中的变化规律不同,但同一品种在高、低产园的变化规律趋于一致。②木质部中各元素质量分数在开始休眠到休眠后期(1 月 20 日前)波动很小,但在 1 月 20 日休眠后期开始升高(木质部于 2 月 9 日达到最高峰,韧皮部于 3 月 1 日达到最高峰),而后在 3 月 1 日萌芽开始时急剧下降;P 元素质量分数在木质部和韧皮部中的变化均在休眠前期上升,休眠后期达到峰值后在 3 月 1 日萌芽开始时急剧下降;K 元素的变化趋势稍有不同,在木质部中呈逐渐下降的趋势,而在韧皮部中表现为休眠前期上

升,休眠后期(2月9日)达到峰值后逐步下降趋势。说明 N、P、K 元素休眠期在结果枝中呈积累趋势,而在萌芽后迅速供应芽的发育。③高产园与低产园间扁桃结果枝组中 N、P、K 的质量分数差异显著,高产园中扁桃结果枝中 N、P、K 的质量分数明显高于低产园(包括木质部和韧皮部),高产园中木质部 N、P、K 的平均质量分数分别为 5.59、0.69 和 8.53 mg/g,分别是低产园的 1.68、1.41、1.42 倍;高产园中韧皮部 N、P、K 的质量分

数分别为 9.37、1.33 和 13.12 mg/g,是低产园的 1.26、1.46、1.43 倍。说明高产园休眠期储存的 N、P、K 矿质元素较多,以供翌年开花结果之需。④无论高产园还是低产园扁桃结果枝 N、P、K 的质量分数明显高于木质部,以高产园中 N 的平均质量分数为例,木质部中 N 的平均质量分数为 3.32 mg/g,而韧皮部中 N 的平均质量分数达到 7.41 mg/g,高产园中韧皮部 N 的平均质量分数是木质部的 2.23 倍。

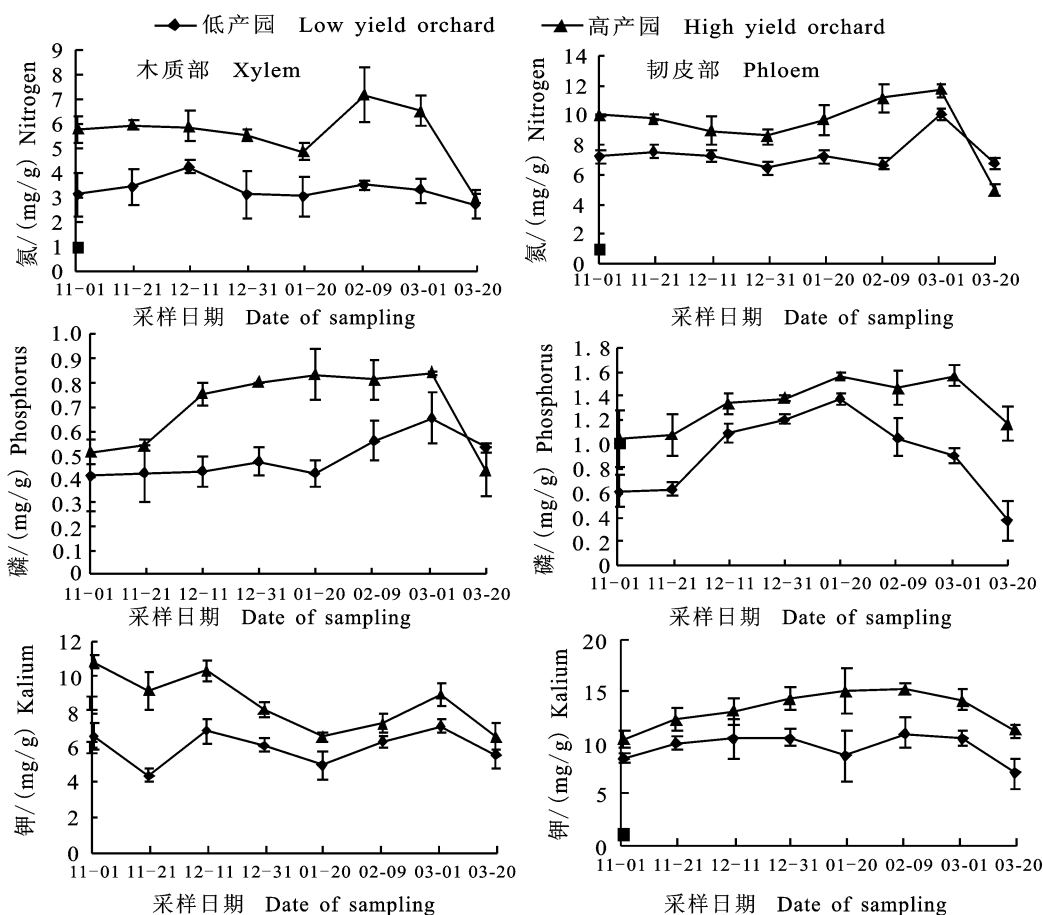


图 1 高、低产园扁桃休眠期结果枝木质部和韧皮部中 N、P、K 元素质量分数的动态变化

Fig. 1 Dynamic changes of N, P, K mass fraction in xylem and phloem of fruiting branch during dormant period

2.2 高、低产园扁桃休眠期结果枝中 Ca、Mg、B 元素质量分数的比较

由图 2 可知,在扁桃开始休眠(11月1日)到花蕾膨大(3月20日)的 140 d 内,树体内结果枝中的 Ca、Mg、B 元素质量分数呈以下规律变化:①B、Ca、Mg 元素在不同组织中的变化规律不同,但同一品种在高、低产园的变化规律趋于一致:B 元素质量分数变化在木质部和韧皮部中均表现为在休眠期上升,休眠后期(1月20日)达到峰值后再呈下降趋势,但高产园扁桃结果枝中 B 元素的

变化幅度大于低产园;Ca 和 Mg 元素在木质部中变化幅度不大,而在韧皮部中变化幅度较大,Ca 元素在休眠中期(12月30日开始)逐渐上升,并在休眠期结束前后迅速下降,而 Mg 元素则不同,从休眠期开始一直呈逐渐下降的趋势。②高产园与低产园间扁桃结果枝组中 B 元素的质量分数差异显著,高产园扁桃结果枝中 B 元素的质量分数明显高于低产园(包括木质部和韧皮部),高产园中木质部 B 元素的平均质量分数为 16.41 mg/g,是低产园的 1.75 倍,高产园中韧皮部 B 元

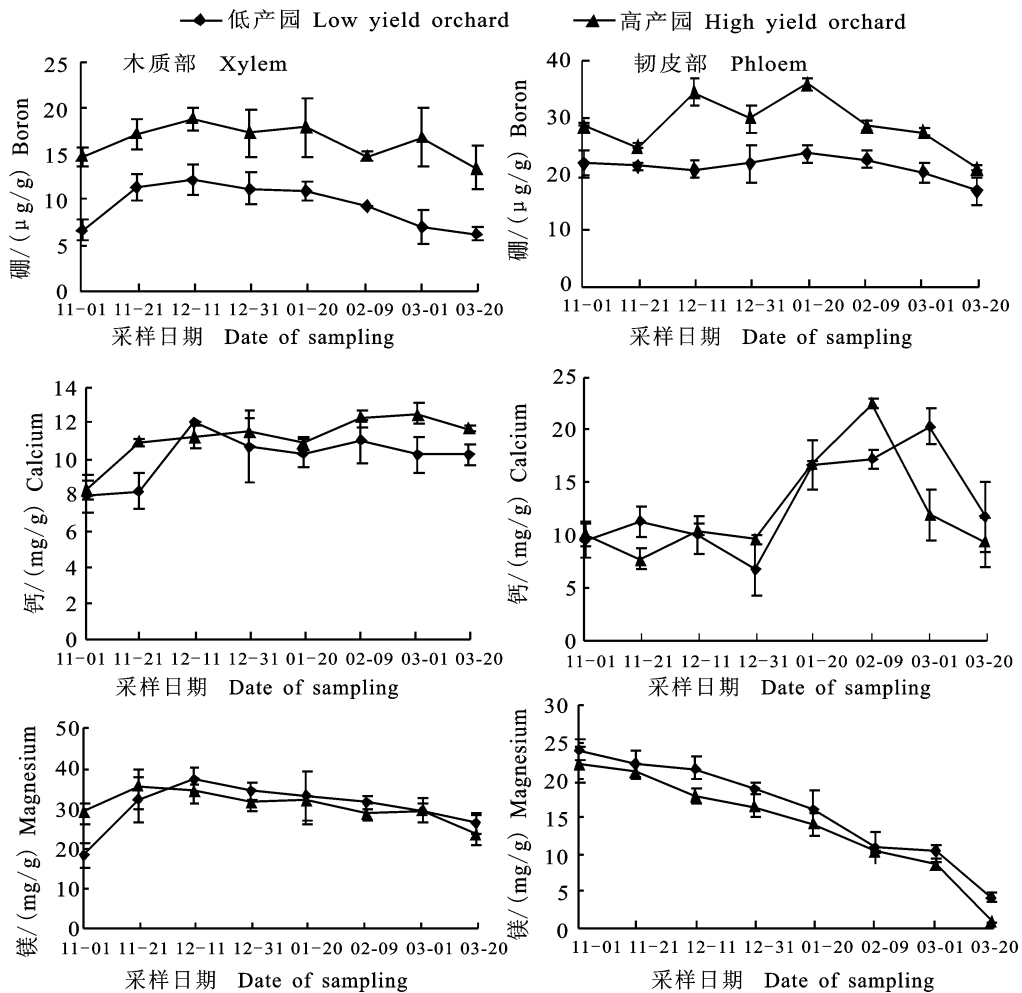


图 2 高、低产园扁桃休眠期结果枝木质部和韧皮部中 B、Ca、Mg 元素质量分数的动态变化

Fig. 2 Dynamic changes of B, Ca, Mg mass fraction in xylem and phloem of fruiting branch during dormant period

素的质量分数为 28.81 mg/g,是低产园的 1.37 倍。而 Ca 和 Mg 元素质量分数高产园和低产园接近,差异不大。③扁桃结果枝 B 元素的质量分数在韧皮部中的积累依然较多(不论是高产园还是低产园),以高产园为例,木质部中 B 的平均质量分数为 16.41 $\mu\text{g/g}$,而韧皮部中 B 的平均质量分数达到 28.81 $\mu\text{g/g}$,高产园中韧皮部 B 的平均质量分数是木质部的 1.76 倍。但木质部和韧皮部中 Ca 和 Mg 元素的平均质量分数差异不大。

2.3 高、低产园扁桃休眠期结果枝 Zn、Fe、Mn、Cu 元素质量分数的比较

由图 3 可知,在扁桃开始休眠(11 月 1 日)到花蕾膨大(3 月 20 日)的 140 d 内,树体内结果枝中的 Zn、Fe、Mn、Cu 微量元素质量分数变化有以下规律:① Zn、Fe、Mn、Cu 微量元素在不同组织中的变化规律不同,但同一品种在高、低产园的变化规律与图 1、图 2 相似:4 种微量元素在韧皮部

中的变化幅度大于在木质部中的变化,在木质部中休眠前期基本均呈波动变化,在休眠后期(2 月 9 日左右)开始下降;而在韧皮部中 Zn、Mn、Cu 呈波动下降的趋势,Fe 表现为休眠前期积累上升后呈下降的趋势。②高产园与低产园间扁桃结果枝组中 Mn 元素的质量分数差异显著,高产园扁桃结果枝中 Mn 元素的质量分数明显高于低产园(包括木质部和韧皮部),高产园中木质部 Mn 元素的平均质量分数为 1.56 $\mu\text{g/g}$,是低产园的 1.47 倍;高产园中韧皮部 Mn 元素的质量分数为 6.07 $\mu\text{g/g}$,是低产园的 1.14 倍。而其余微量元素质量分数高产园和低产园接近。③扁桃结果枝中 Zn、Fe、Mn、Cu 微量元素在不同部位的质量分数不同,Fe、Mn 元素在韧皮部中的积累高于木质部,而 Zn 则反之,Cu 元素质量分数在木质部和韧皮部中接近。

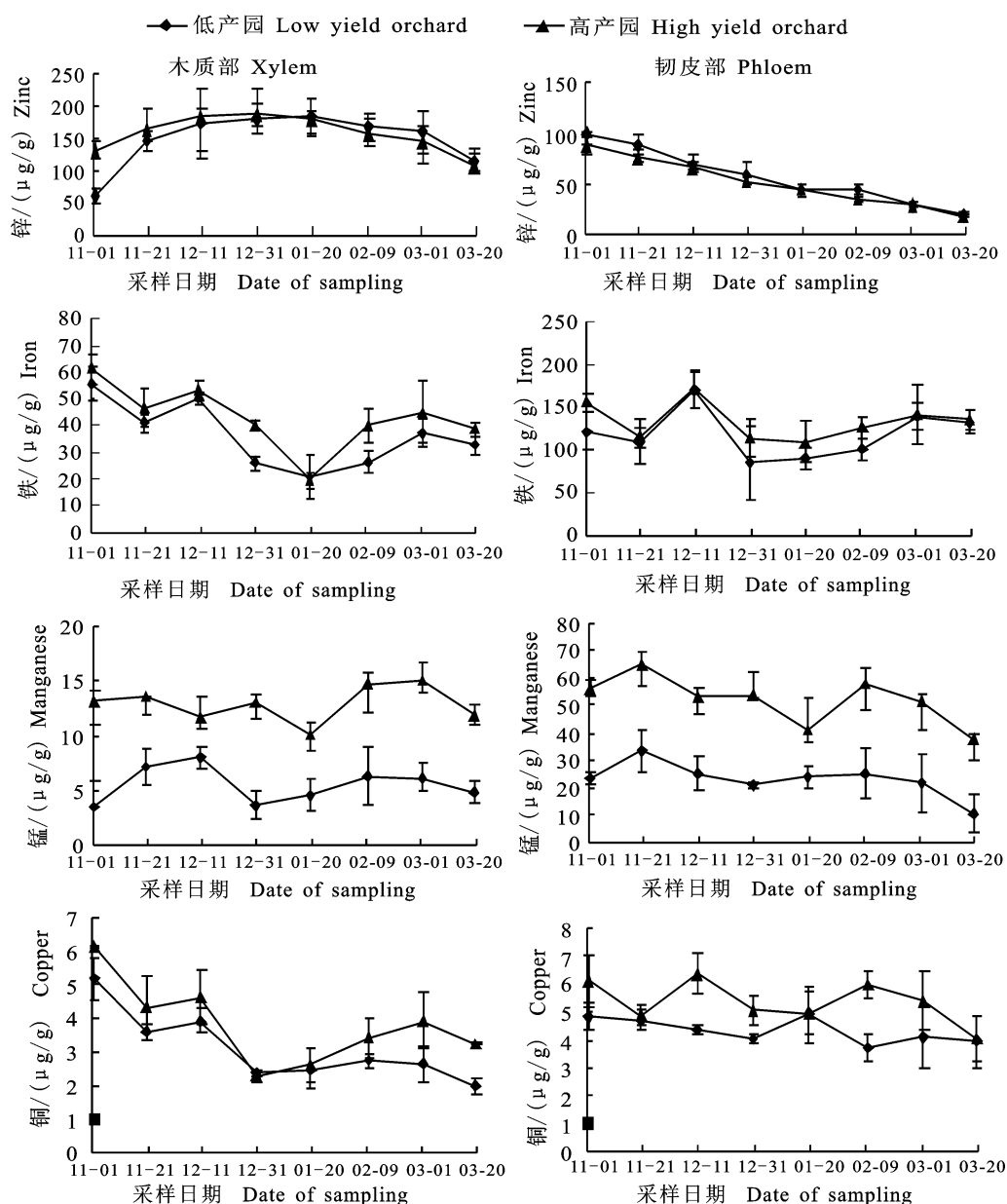


图 3 高、低产业园扁桃休眠期结果枝木质部和韧皮部中 Zn、Fe、Mn 和 Cu 元素质量分数的动态变化

Fig. 3 Dynamic changes of Zn, Fe, Mn and Cu mass fraction in xylem and phloem of fruiting branch during dormant period

2.4 高、低产业园扁桃坐果率和产量的比较

从表 1 可以看出,高产园‘纸皮’扁桃品种的平均坐果率为 24.21%,平均株产达到了 8.45 kg (按照每 667 m² 30 株,折合 667 m² 产量为 253.5 kg);而低产业园的‘纸皮’扁桃品种平均坐果率仅 7.91%,平均株产仅为 2.11 kg(同样折合 667 m² 产量仅有 63.5 kg),高产园的坐果率为低产业园的 3.06 倍,平均株产为 4.01 倍。与图 1、图 2 和图 3 对比发现,高产园中扁桃的坐果率高于低产业园,休眠期中高产园扁桃韧皮部和木质部中 N、P、K、B 和 Mn 矿质元素积累量也明显高于低产业园,扁

表 1 ‘纸皮’2015 年度平均坐果率及单株产量($\bar{x} \pm s$)

Table 1 Average setting rate and yield per plant of ‘Zhipi’ almond varieties in almond garden in 2015

试验扁桃园 Test almond orchard	坐果率/% Fruit setting rate	平均单株产量/kg Average yield per plant
高产园 High yield orchard	24.21±8.18 aA	8.45±2.11 aA
低产业园 Low yield orchard	7.91±1.77 bB	2.11±0.87 bB

注:经 Duncan’s 新复极差法显著性测定,大写字母表示差异达 0.01 极显著水平,小写字母表示差异达 0.05 显著水平。
Note: By Duncan’s multiple range test, different lowercase and uppercase letters indicate values are significantly different at 0.05 and 0.01, respectively.

桃坐果率与矿质营养的积累量相关。说明同一树龄、同样品种休眠期矿质营养积累不同,其坐果率和产量也不相同,休眠期矿质营养的积累直接影响着扁桃的坐果率和产量。

3 讨论

矿质营养是果树维持生命、形成产量的物质基础^[11],已有的研究表明扁桃幼果的生理脱落是影响扁桃坐果率和产量最主要的原因之一,在扁桃幼果生理大量脱落期(花后 7~22 d)脱落的幼果占 80%~90%^[12]。杨波等^[7]通过分析扁桃幼果生理脱落与矿质元素质量分数的关系发现,N、P、K、B、Zn 矿质元素的质量分数在整个扁桃幼果生理脱落期均表现为发育正常幼果和果柄高于落果和落果果柄,同时得出扁桃幼果生理脱落期树体内充足的 N、P、K、B、Zn 元素供给有利于扁桃的坐果。而本试验则从休眠期结果枝矿质营养角度进一步研究发现休眠期高产园结果枝中无论木质部还是韧皮部,其大量矿质元素(N、P、K)和部分微量元素(B、Mn)质量分数均表现为高产园高于低产园,并直接决定了扁桃的坐果率和产量,进一步印证了上述结论。

本试验进一步表明扁桃休眠期矿质营养并没有因为树体的休眠而停止,而是仍然处于积累或代谢状态,到扁桃结果枝休眠后期到打破休眠的萌芽前后(2月9日左右开始到3月20日前)木质部和韧皮部中矿质营养迅速向花芽和叶芽转化,以供花芽和叶芽发育之需。这也与王慧等^[13]在桃、周克友等^[14]和夏国海等^[15]在苹果及李秀珍等^[16]在欧洲李等果树休眠前后对碳水化合变化的研究结论基本一致,说明碳素营养和矿质营养的协同一致性。另外,本研究中矿质元素在木质部和韧皮部的变化虽不尽相同,但大都表现为韧皮部中矿质营养元素的质量分数显著大于木质部,说明韧皮部是贮藏营养的主要组织。在结果枝进入休眠后期,木质部的矿质元素也随之降低,说明木质部也具有一定的储藏矿质营养的能力。

此外,本研究表明扁桃结果枝休眠前后高产园与低产园矿质营养的积累与代谢差异是形成坐果率与产量差异的重要原因,同时也说明树体进入休眠期前一系列管理措施如增施有机肥、深翻改良土壤、冬季修剪及浇冬灌水等措施对果树翌年形成产量有着举足轻重的作用。

4 结论

扁桃休眠期前后高产园和低产园中扁桃结果枝中的矿质元素变化趋势基本一致,休眠期扁桃的结果枝内的矿质元素呈积累或代谢状态,休眠前期质量分数升高,到扁桃打破休眠萌芽前后则急剧下降;扁桃休眠期结果枝木质部和韧皮部中 N、P、K、B、Mn 5 种矿质元素质量分数均表现为高产园高于低产园;扁桃休眠期结果枝矿质营养的积累水平直接影响着翌年的坐果率和产量。因此,加强扁桃园的管理,促进休眠期矿质营养积累,是提高扁桃产量的重要措施。

参考文献 Reference:

- [1] 杨波,车玉红,郭春苗,等.扁桃生理落果期不同组织激素浓度的动态变化及其对落果的影响[J].西北植物学报,2015,35(1):118-124.
YANG B,CHE Y H,GUO CH M,*et al.* ynamic changes of hormones in the different tissue of almond during the physiological fruit drop and its effect on fruit drop [J]. *Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica*, 2015, 35(1):118-124.
- [2] BOURANIS D L, CHORIANOPOULOU S N, ZAKYNTHINOS G,*et al.* Flower analysis for prognosis of nutritional dynamics of almond tree[J]. *Agricola Journal of Plant Nutrition*, 2001, 24(4/5):705-716.
- [3] SAA S, MUHAMMAD S, BROWN P H. Development of leaf sampling and interpretation methods and nutrient budget approach to nutrient management in almond[J]. *Acta Horticulturae*, 2013, 984:291-296.
- [4] COURTIAL D, FROMENT P, DUVAL H. Research on reference levels of mineral elements in almond leaves[J]. *CAB Abstracts Cahiers Options Mediterraneennes*, 1998, 33:75-79.
- [5] LOPUS SARA E, SANTIBANEZ M P, BEEDE R. *et al.* Survey examines the adoption of perceived best management practices for almond nutrition[J]. *CAB Abstracts California Agriculture*, 2010, 64(3):149-154.
- [6] 杨波,车玉红,崔艳丽,等.扁桃叶片矿质元素质量分数的年周期变化[J].西北农业学报,2013,22(4):114-119.
YANG B,CHE Y H,CUI Y L,*et al.* The study of annual periodical varieties for mineral element content of almond leaves[J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2013, 22(4):114-119.
- [7] 杨波,车玉红,郭春苗,等.扁桃幼果生理脱落与矿质元素含量的关系[J].新疆农业科学,2015,52(5):852-857.
YANG B,CHE Y H,GUO CH M,*et al.* Relationship between almond young fruits dropping and the concentration of mineral elements [J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2015, 52(5):852-857.
- [8] 杨波,车玉红,郭春苗,等.新疆莎车县扁桃花营养元素标

- 准范围的确定[J]. 经济林研究, 2015, 33(4): 66-70.
- YANG B, CHE Y H, GUO CH M, *et al.* Studies on the standard range of almond flowers nutritional elements in Shache county of Xinjiang[J]. *Nonwood Forest Research*, 2015, 33(4): 66-70.
- [9] 徐叶挺, 张雯, 杨波, 等. 新疆莎车‘纸皮’扁桃叶片营养诊断体系的建立与应用[J]. 果树学报, 2014, 31(1): 143-149.
- XU Y T, ZHANG W, YANG B, *et al.* Establishment and application of nutrient diagnosis system of ‘Zhipi’ almond leaf mineral elements in Shache county, Xinjiang[J]. *Journal of Fruit Science*, 2014, 31(1): 143-149.
- [10] 徐叶挺, 杨波, 李金明, 等. 一种估测不同树龄扁桃产量的方法[J]. 新疆农业科学, 2012, 49(9): 1712-1716.
- XU Y T, YANG B, LI J M, *et al.* An estimating method of the almond yield of different ages[J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2012, 49(9): 1712-1716.
- [11] 杨阳, 潘存德, 王振锡, 等. 轮台白杏树体营养盈亏分析[J]. 新疆农业科学, 2011, 48(4): 646-650.
- YANG Y, PAN C D, WANG ZH X, *et al.* Analysis on nutrients of abundance and loss situation of *Armeniaca vulgaris* ‘Luntaibaixing’ in Luntai county, Xinjiang[J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2011, 48(4): 646-650.
- [12] 杨波, 龚鹏, 车玉红, 等. 6个美国扁桃品种在新疆喀什地区的引种适应性[J]. 西北农业学报, 2012, 21(1): 115-120.
- YANG B, GONG P, CHE Y H, *et al.* The adaptability study of introduce six America almond varieties in Xinjiang Kashi[J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2012, 21(1): 115-120.
- [13] 王慧, 李玲, 谭钺, 等. 休眠期间油桃花芽碳水化合物代谢及其相关基因的表达变化[J]. 植物生理学报, 2011, 47(6): 595-600.
- WANG H, LI L, TAN Y, *et al.* Changes in carbohydrate metabolism and related gene expression in nec-tarine floral buds during dormancy[J]. *Plant Physiology Journal*, 2011, 47(6): 595-600.
- [14] 周克友, 艾立山, 岳伟, 等. 秋季断根对渭北黄土高原苹果越冬前后树体碳水化合物及相关酶活性的影响[J]. 果树学报, 2014, 31(4): 596-601.
- ZHOU K Y, AI L SH, YUE W, *et al.* Effects of root pruning in autumn on carbohydrate metabolism and related enzyme activity before and after winter in young ‘Fuji’ apple trees in Weibei Loess Plateau[J]. *Journal of Fruit Science*, 2014, 31(4): 596-601.
- [15] 夏国海, 宋尚伟, 张大鹏. 苹果幼树休眠前后可溶性糖和氨基酸的变化[J]. 园艺学报, 1998, 25(2): 129-132.
- XIA G H, SONG SH W, ZHANG D P. Changes of soluble sugar and amino acids in young apple trees before and after dormancy stage [J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 1998, 25(2): 129-132.
- [16] 李秀珍, 陈苏丹, 李天忠. 休眠期欧李碳水化合物代谢与休眠关系的分析[J]. 中国农业大学学报, 2012, 17(4): 75-80.
- LI X ZH, CHEN S D, LI T ZH. Relation of bud dormancy to carbohydrate metabolism in *Cerasus humilis* (Bge.) Sok [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2012, 17(4): 75-80.

Changes of Mineral Nutrition of Bearing Branches and Its Effects on Fruit-setting before and after Dormancy Stage in Almond

GUO Chunmiao^{1,2}, YANG Bo², MUBAREKE · Ayoupu², XU Juan²,
CHE Yuhong³, GONG Peng², XU Yeting² and LIAO Kang¹

(1. Research Center for Xinjiang Characteristic Fruit Tree of Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China;

2. Institute of Horticulture, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, China;

3. Xinjiang Agricultural Vocation & Technology College, Changji Xinjiang 831100, China)

Abstract Almond is an economic fruit with low yield. In order to solve problem of low-yield, fruiting branches before and after the dormancy stage were used for analyzing the accumulation and metabolic changes of mineral elements, also for analyzing the effects on fruit setting. The same varieties of sustainable low and high yield trees in different two orchards at three consecutive years(2012—2014) of the same age were taken as study material(main cultivated variety ‘Zhipi’) in this study. We analyzed the quality fraction variation of ten elements of N, P, K, Ca, Mg, B, Zn, Fe, Mn, Cu in the xylogen and phloem of bearing branches before and after the period of dormancy. At the same time, statistical analysis of the percentage of fruit setting and the yield per tree were conducted. The results showed that: ①the trend of mineral elements changes in xylogen and phloem of bearing-branches in high yield orchard before and after the period of dormancy was identical to the low yield orchard. The quality frac-

tion of mineral elements were still accumulated or metabolized in the bearing -branches of the dormant almond and rose sharply before the period of dormancy and declined from period of germination; ②the quality fractions of 5 mineral elements, including N,P,K,B,Mn in the xylogen and phloem of bearing-branches of high yield orchard were higher than low yield orchard; ③the level of mineral nutrition accumulation in bearing branches during dormant period was one of the key factors that could have influence on the percentage of fruit-setting and the yield in the following year. Therefore, strengthening management of almond orchard and promoting the mineral nutrition in dormant period are important measures to improve the percentage of fruit setting and yield in almond fruits.

Key words Almond; Period of dormancy; Mineral elements; Dynamic change; Production

Received 2017-06-16

Returned 2017-08-01

Foundation item The National Natural Science Foundation of China (No. 31460497); Science and Technology Partners Program of Shanghai Cooperation Organization (No. 2017E01025).

First author GUO Chunmiao, female, associate research fellow, doctoral student. Research area: molecular biology of almond development. E-mail: 122941600@qq.com

Corresponding author LIAO Kang, male, professor, doctoral supervisor. Research area: fruit tree resources and cultivation physiology. E-mail: liaokang01@163.com

YANG Bo, male, associate research fellow. Research area: cultivation physiology and germplasm innovation of almond. E-mail: yangboyys@163.com

(责任编辑:潘学燕 Responsible editor: PAN Xueyan)