

无核黄皮叶片中矿质元素质量分数的年动态变化

王荣萍¹, 李淑仪¹, 伍涛², 覃醒华³, 廖新荣¹, 蓝佩玲¹

(1. 广东省生态环境与土壤研究所, 广东 广州 510650; 2. 广东省郁南县科技局, 广东 郁南 527100;
3. 广东省郁南县农业局, 广东 郁南 527100)

摘要: 以广东省郁南县无核黄皮 *Clausena lansium* ‘Yunan Seedless’ 为试验材料, 在秋梢期、花芽分化期、开花期、幼果期、果实膨大期和收获期 6 个时期, 对其叶片矿质元素进行分析, 研究黄皮不同物候期叶片矿质营养元素的年变化规律。结果表明, 3 个果园在年生长期中, 收获期氮、磷、钾营养水平降到最低, 随后因施肥在新的秋梢期而迅速恢复。3 个果园自秋梢期到来年收获期叶片钙、锰的营养水平呈明显上升趋势, 之后到了新的秋梢期有所下降。镁、钼在整个生育期相对稳定。3 个果园铜呈现波动性的变化, 新城果园在翌年成熟期铜降到最小值, 新的秋梢期达到最大值; 农科所果园在果实膨大期达到最大值, 秋梢期降到最小值; 农委果园在花芽分化期达到最大值, 果实膨大期降到最小值。3 个果园锌的季节性变化各不相同, 新城和农委果园在开花期降到最低值, 之后逐渐升高, 分别在收获期和新的秋梢期达到最高值; 农科所果园锌水平在幼果期降到最低值, 在新的收获期又再度增加。3 个果园的铁呈现波动性变化, 新城果园在开花期降到最低值, 果实膨大期达到最大值; 农科所和农委果园在秋梢期达到最大值, 分别在新的秋梢期和开花期降到最低值。3 个果园硼的营养水平在开花期最小, 新城和农委果园在收获期达到最大值, 到了新的收获期又下降, 农科所果园在新的收获期达到最大值。图 5 表 1 参 10

关键词: 植物学; 无核黄皮; 叶片; 矿质营养; 动态变化

中图分类号: S666.3; Q945.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-5692(2008)02-0200-06

Seasonal variation of leaf mineral nutrient concentrations in seedless wampee (*Clausena lansium* ‘Yunan Seedless’)

WANG Rong-ping¹, LI Shu-yi¹, WU Tao², QIN Xing-hua³, LIAO Xin-rong¹, LAN Pei-ling¹

(1. Guangdong Institute of Eco-environment and Soil Sciences, Guangzhou 510650, Guangdong, China;
2. Yu'nán Science and Technology Bureau, Yu'nán 527100, Guangdong, China; 3. Yu'nán Agricultural
Bureau, Yu'nán 527100, Guangdong, China)

Abstract: Seedless wampee (*Clausena lansium* ‘Yunan Seedless’) is a new and nutritious fruit tree, but lack in research of cultivation and management. This objective is to provide a basis for rational fertilization to improve fruit quality. The seasonal variation for mineral concentrations of nutrient elements in leaves during growth of seedless wampee were determined for different phenological phases, including autumn shoot growth, bud differentiation, flowering, fruiting, fruit growth, and harvest stages in three different orchards (Xincheng, Nongkesuo, and Nongwei) of locations fertilized with organic and combined fertilization. Results showed that the concentrations of N, P, and K decreased from autumn to the next fruiting, but recovered with fertilizer application. Ca and Mn concentrations increased from autumn shoot growth to fruit maturity. The concentration of Cu in Xincheng Orchard decreased to a minimum during maturity, but increased to a maximum the following autumn; in Nongkesuo Orchard Cu was maximum in the fruit growing stage, but decreased to a minimum the following autumn; and in Nongwei Orchard Cu was highest with bud differentiation and lowest in the fruit growing stage. The seasonal variation of Zn in Xincheng and Nongwei Orchards

收稿日期: 2007-04-25; 修回日期: 2007-09-21

基金项目: 广东省科技计划资助项目(2004B2091007; 2005B20901025)

作者简介: 王荣萍, 助理研究员, 博士, 从事植物营养与环境生态研究。E-mail: rpwang@soil.gd.cn。通信作者: 李淑仪, 研究员, 从事植物营养研究。E-mail: lishuyi@soil.gd.cn

decreased to a minimum in the flowering stage and peaked at harvest (Xincheng) and the following autumn shoot growth (Nongwei), whereas in Nongkesuo Orchard Zn decreased in the fruiting stage and increased during the following autumn shoot growth. The Fe concentration in Xincheng Orchard decreased to a minimum in the flowering period and increased to a peak in the fruit development period; however, in Nongkesuo and Nongwei orchards Fe peaked in the autumn shoot growth stage, decreased to a minimum the following autumn shoot growth (Nongkesuo) and flowering stage (Nongwei). Concentrations of B for the three orchards were lowest in the flowering stage, maximum during the harvest stage in Xincheng and Nongwei Orchards, and highest the following autumn shoot growth in Nongkesuo Orchard. [Ch, 5 fig. 1 tab. 10 ref.]

Key words: botany; seedless wampee (*Clausena lansium* ‘Yunan Seedless’); leaf; mineral nutrient; variation

无核黄皮 *Clausena lansium* ‘Yunan Seedless’ 是芸香科 Rutaceae 黄皮 *Clausena lansium* 的常绿小乔木, 为我国南方特有的新兴优良果树, 用途广泛, 经济价值高。广东省郁南县是无核黄皮原产地, 具有适宜黄皮生长的良好生态条件。近年来, 黄皮种植业迅速发展, 种植规模不断扩大, 已成为当地的经济支柱之一。目前, 由于缺乏无核黄皮营养特性的研究和有效的技术指导, 以至在黄皮生产中盲目施肥现象相当普遍, 导致果实品质降低, 经济效益不佳, 并造成环境污染, 因此, 进行黄皮果园叶片营养特点的研究, 具有十分重要的意义。营养是果树生长发育、产量形成和品质提高的基础^[1], 根据叶片分析并辅以果树和土壤分析来指导科学施肥已成为果树生产的重要手段之一。国内曾对苹果 *Malus sieboldii*, 黄金梨 *Pyrus pyrifolia* ‘Whangkeumbae’, 葡萄 *Vitis vinifera*, 龙眼 *Dimocarpus longan*, 枇杷 *Eriobotrya japonica* 等果树的营养诊断和营养规律进行了研究^[2-6]。研究表明, 叶片营养元素含量常因树种、品种、树龄和地区及立地条件等而异。目前, 已有一些学者对黄皮的生物学特性以及栽培管理等方面进行了相关的研究^[7-9], 而对于无核黄皮的叶片营养特点鲜见报道, 研究不同肥力水平的黄皮果园叶片营养特点显得尤为重要。作者选择典型果园, 对无核黄皮生育期叶片的营养元素年变化动态进行研究, 旨在了解其年变化规律, 为合理施肥和提高产量品质提供理论指导和相关依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

试验于 2004 - 2005 年在广东省郁南县十二岭的新城、农科所和农委等 3 个示范果园进行。3 个果园均为丘陵地, 新城和农科所果园无核黄皮树龄均为 4 年生初果树, 农委果园为 15 年生壮果树。3 个果园土壤均为砂页岩发育的赤红壤。3 个果园供试土壤(0 ~ 30 cm)基本理化性质见表 1。供试有机肥(鸡粪)的理化性状为全氮 23.60 g · kg⁻¹, 全磷 13.40 g · kg⁻¹, 全钾 28.50 g · kg⁻¹, 钙 21.00 g · kg⁻¹, 镁 7.60 g · kg⁻¹, 硼 34.79 mg · kg⁻¹, 铜 53.88 mg · kg⁻¹, 锌 345.59 mg · kg⁻¹, 钼 1.54 mg · kg⁻¹。

表 1 供试土壤理化性状

Table 1 Physical and chemical properties of the sample soils

地点	pH	有机质/ (g · kg ⁻¹)	营养元素/(mg · kg ⁻¹)									
			碱解氮	速效磷	速效钾	交换性钙	交换性镁	有效硼	有效铜	有效锌	有效铁	有效锰
新城	4.13	27.57	65.12	0.37	68.72	185.56	8.43	0.18	0.32	0.55	2.29	1.11
农科所	4.87	19.63	89.54	63.16	43.89	571.95	76.27	0.18	1.86	5.52	6.97	44.18
农委	6.50	36.23	153.18	154.75	254.38	1976.25	259.21	0.36	4.39	86.58	2.12	160.34

1.2 取样与分析方法

试验前取试验田土壤混合样品, 风干, 研磨, 按分析项目要求分别过筛。土壤有效钙、镁采用乙酸铵交换-原子吸收分光光度法测定, 有效硼用沸水浸提、姜黄素比色法测定, 有效铜、锌用 DTPA 浸提-原子吸收分光光度法测定, 有效氮、磷、钾和有机质采用常规方法进行分析^[10]。

无核黄皮8月上旬抽第1次秋梢;第2次秋梢于9月下旬抽出,11月底老熟;当年12月至翌年1月花芽分化;2月中旬开始抽花穗;3月中旬至4月中旬进入盛花期;4月底至5月上旬幼果期;6月底至7月上旬,果实着色转黄;7月中旬至8月上旬,果实成熟。

新城果园施5次肥,施肥时间分别为2004年8月,2005年3月、5月、6月和8月。施肥种类及施肥量分别为芭田蓝复肥(N:P₂O₅:K₂O=15:6:8)250 g·株⁻¹、比利时复肥(N:P₂O₅:K₂O=15:15:15)350 g·株⁻¹、挪威肥(N:P₂O₅:K₂O=15:15:15)400 g·株⁻¹和有机肥(鸡粪)4.0 kg·株⁻¹、挪威肥(N:P₂O₅:K₂O=15:15:15)400 g·株⁻¹、复合肥(N:P₂O₅:K₂O=16:16:16)500 g·株⁻¹;农科所果园共施5次肥,施肥时间分别为2004年8月,2005年1月、4月、6月和8月,5次施肥种类及施肥量均为撒可富复肥(N:P₂O₅:K₂O=17:17:17)300 g·株⁻¹,有机肥1.0 kg·株⁻¹(花生麸和鸡粪沤制3个月),过磷酸钙100 g·株⁻¹。农委果园共施4次肥,施肥时间为2004年8月,2005年1月、5月和8月,第1次施肥种类及施肥量为有机肥2.5 kg·株⁻¹、过磷酸钙1.5 kg·株⁻¹、碳铵500 g·株⁻¹,第2次施肥种类及施肥量为复合肥(N:P₂O₅:K₂O=18:0:7)2.0 kg·株⁻¹、硫酸钾250 g·株⁻¹,第3次施肥种类及施肥量为有机肥(鸡粪和花生麸沤制)9.0 kg·株⁻¹,10 d淋施1次,共淋3次,每次3.0 kg·株⁻¹,第4次施肥种类为复合肥(N:P₂O₅:K₂O=16:16:16),施肥量为500 g·株⁻¹。

从3个果园中选择有代表性的树体定点采集叶片,采样时间分别为秋梢期(2004年9月15日)、花芽分化期(2005年1月25日)、开花期(3月17日)、幼果期(5月9日)、果实膨大期(6月17日)和采果期(8月1日)。秋梢期、花芽分化期和开花期采集营养枝的秋梢叶倒数第3片和第4片叶,其他几个时期采集结果短枝的春梢叶倒数第3片和第4片叶,每点取10株树,每株按东、南、西、北4个方位采样,40个叶片作为1个混合样,装入干净的塑料袋内,尽快带回实验室,采用常规方法进行预处理。样品烘干后,用不锈钢粉碎机粉碎备用。

叶片中全氮、全磷和全钾质量分数测定时先采用H₂SO₄-H₂O₂消煮法制备待测液,然后全氮用扩散吸收法测定,全磷用钒钼黄比色法测定,全钾用火焰分光光度法测定,钙、镁、铁、锰、铜和锌质量分数用原子吸收分光光度法测定,硼用姜黄素法测定,钼用催化极谱仪法测定。

2 结果与分析

2.1 不同果园叶片中氮、磷、钾质量分数的变化

从图1可以看出,新城果园叶片氮质量分数从第1年秋梢期的最高值26.97 g·kg⁻¹开始下降,直至花芽分化期降到19.54 g·kg⁻¹,开花期追肥致使到果实膨大期增加到21.68 g·kg⁻¹,到收获期由于果实生长发育消耗许多氮素,因此,收获期降到18.80 g·kg⁻¹,采果后追肥致使翌年秋梢期有所回升;农科所果园叶片氮质量分数在秋梢期为最高,之后逐渐下降,到成熟期降到最低值,采果后到了秋梢期回升到25.46 g·kg⁻¹;农委果园叶片氮质量分数在第1年秋梢期最高,为28.36 g·kg⁻¹,

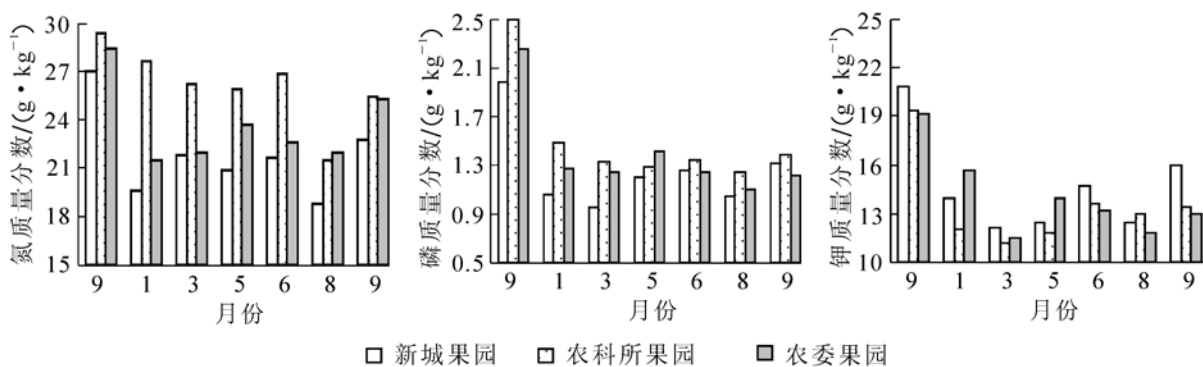


图1 黄皮叶片中氮、磷、钾质量分数年周期变化

Figure 1 Seasonal variation of N, P, K in seedless wampee leaf of different orchards

之后随着叶片的增大和果实的发育逐渐降低，到了成熟期降到 $21.90 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，秋梢期又有所回升。

3 个果园叶片磷、钾的质量分数在第 1 年秋梢期表现为最高，之后逐渐下降，尽管中间有波动，农科所和农委果园在成熟期降到最低值，之后到秋梢期又有所回升。

2.2 不同果园叶片中钙和镁质量分数的变化

图 2 表明，在新城果园自上一年秋季梢期到来年收获期叶片钙质量分数呈明显上升趋势，在秋梢期最低，为 $8.80 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，到了果实成熟期达到 $30.00 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，增加 2 倍多，翌年秋季梢期降到 $22.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ；在农科所果园叶片钙质量分数在秋梢期(9 月)到开花期(翌年 3 月)呈明显上升趋势，之后基本稳定在 $21.10 \sim 21.70 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，采果后到秋梢期叶片钙质量分数又有所下降；农委果园叶片钙与新城果园相似。3 个果园叶片镁质量分数的分别为 $1.22 \sim 1.55$ ， $1.88 \sim 3.04$ 和 $1.54 \sim 2.49 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

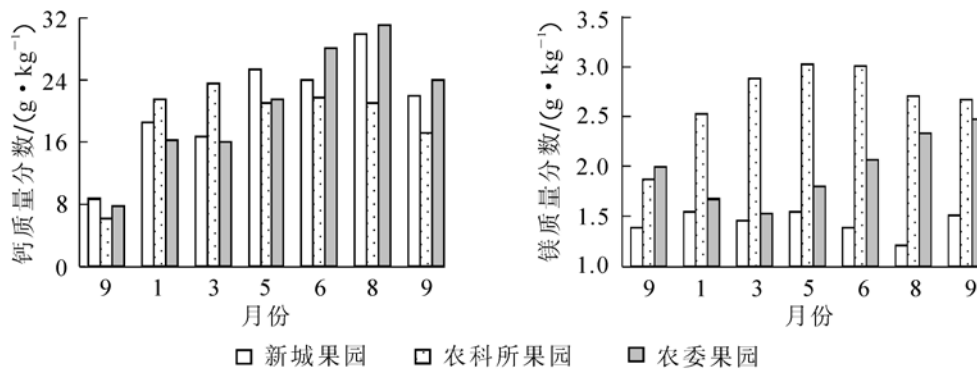


图 2 黄皮叶片中钙和镁质量分数年周期变化

Figure 2 Seasonal variation of Ca and Mg in seedless wampee leaf of different orchards

2.3 不同果园叶片中铜和锌质量分数的变化

从图 3 可以看出，新城果园叶片铜呈现波动性的变化，在成熟期降到最低值，到了秋梢期又回升达到最大值；农科所果园第 1 年秋季梢期叶片铜的质量分数为 $6.83 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，之后逐渐下降，到了翌年开花期降低到 $4.93 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，之后逐渐升高，到了成熟期叶片铜的质量分数为 $6.64 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，秋梢期又降到最低，为 $4.72 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ；农委果园叶片铜从第 1 年秋季梢期开始增加，到翌年花芽分化期达到最大值，为 $7.71 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，之后又逐渐降低，到了果实膨大期降到最低值，成熟期又增加到 $5.30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，到了秋梢期又有所下降，幅度较小。

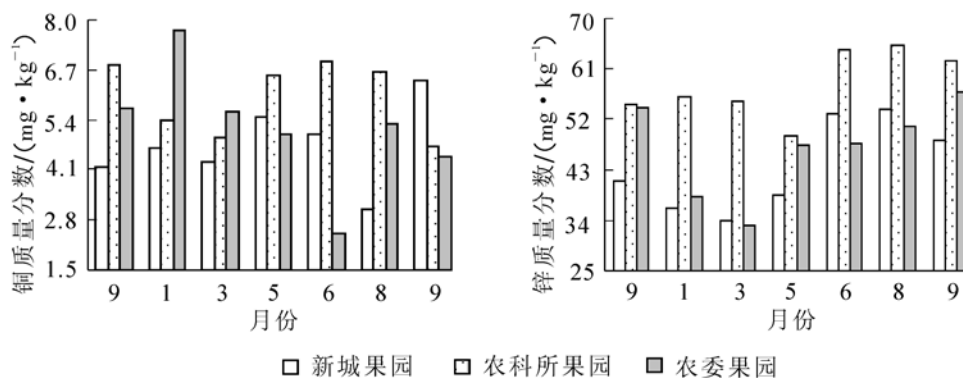


图 3 黄皮叶片中铜和锌质量分数年周期变化

Figure 3 Seasonal variation of Cu and Zn in seedless wampee leaf of different orchards

新城果园叶片锌质量分数在第 1 年秋季梢期(9 月)为 $40.89 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，之后逐渐降低，到了开花期降至最低值。开花后追施壮果肥，致使到了成熟期(翌年 8 月)又增加到 $53.65 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，采果后到了

秋梢期叶片锌质量分数又下降,但与第1年秋梢期相比仍呈现增加的趋势;农科所果园叶片锌的质量分数自秋梢期到翌年开花期基本稳定在 $54.71 \sim 55.96 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,幼果期又下降到 $48.97 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,之后呈现增长的趋势,到收获期达到 $65.34 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,秋梢期锌的质量分数没有较大的变动,基本稳定在 $62.56 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$;农委果园叶片锌的质量分数在秋梢期最高,之后逐渐降低,在翌年开花期降到最低值 $33.09 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,接着又有所回升,在第2年秋梢期增加到 $56.75 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

2.4 不同果园叶片中铁和锰质量分数的变化

从图4可以看出,新城果园叶片铁质量分数变化幅度较大,在秋梢期为 $111.53 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,到了翌年3月降到最低值,为 $72.80 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,之后又急剧上升,在果实膨大期达到最大值 $135.07 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,接着又加速下降,在翌年秋梢期降为 $77.36 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$;农科所果园叶片铁的质量分数在第1年秋梢期最高,为 $138.90 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,到翌年花芽分化期降低至 $81.81 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,之后开花期有所回升,幼果期到秋梢期叶片铁基本稳定在 $72.87 \sim 81.60 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$;农委果园叶片铁的变化趋势与锌相似。

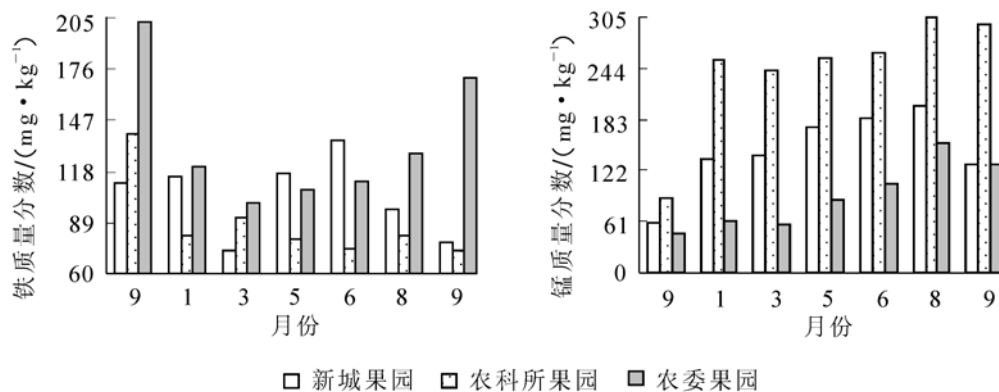


图4 黄皮叶片中铁和锰质量分数年周期变化

Figure 4 Seasonal variation of Fe and Mn in seedless wampee leaf of different orchards

新城果园叶片锰质量分数在第1年秋梢期仅为 $59.40 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,之后逐渐增加,翌年成熟期时增加到 $199.38 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,到了第2年秋梢期又降低为 $128.85 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,但仍高于第1年秋梢期锰的质量分数;农科所果园锰从第1年秋梢期的最小值开始增长,到翌年成熟期达到最大值,收获之后到秋梢期锰又缓慢下降;农委果园叶片锰与新城果园、农科所果园的变化趋势一致,从第1年秋梢期到翌年成熟期叶片锰的质量分数呈现增加的趋势,到了采果后秋梢期叶片锰的质量分数又有所下降。

2.5 不同果园叶片中硼和钼质量分数的变化

从图5可以看出,新城果园秋梢期(9月)叶片硼质量分数为 $22.35 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,之后逐渐降低,在开花期降到最低值,到了成熟期(翌年9月)叶片硼又增加到最大值, $42.31 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,之后又逐渐降低,在秋梢期硼的质量分数降低到 $36.34 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$;农科所果园叶片硼质量分数自秋梢期起开始下降,到翌年开花期降到最低值,为 $17.70 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,之后又逐渐升高,秋梢期增到最大值,为 $35.49 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$;农委果园叶片硼质量分数与新城果园、农科所果园的变化趋势一致,从第1年秋梢期到翌年成熟期叶片硼的质量分数呈现增加的趋势,到了采果后秋梢期叶片硼的质量分数又有所下降。

3个果园叶片钼的变化幅度均较小,质量分数分别为 $0.098 \sim 0.170$, $0.056 \sim 0.120$ 和 $0.074 \sim 0.160 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

3 结论与讨论

本试验结果表明,随着叶龄的增长,3个果园从第1年秋梢期到翌年收获期无核黄皮叶片氮、磷、钾的质量分数均呈现逐渐下降的趋势,后因采果后进行了追肥,有所回升。这主要是由于开花期新梢生长、叶片旺长,果实发育消耗大量养分,而树体储藏的可供叶片生长的养分已消耗到极限,而

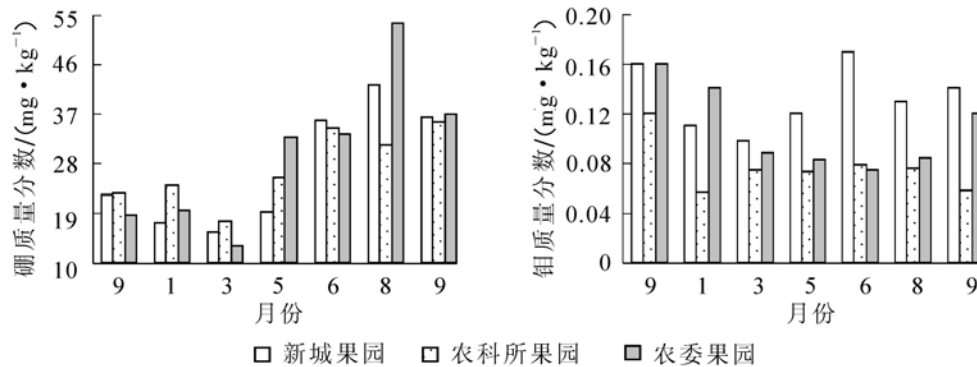


图 5 黄皮叶片中硼和钼质量分数年周期变化

Figure 5 Seasonal variation of B and Mo in seedless wampee leaf of different orchards

根系当年吸收的养分尚未及时补充，因此，叶片氮、磷、钾的质量分数随着生育期的推进而下降，如果不及时加以补充，则引起植株生长发育不良，导致产量和品质下降。

3 个果园自上一年的秋梢期到收获期无核黄皮叶片钙和锰的质量分数呈明显上升趋势，之后到了新的秋梢期有所下降，原因可能是收获期后未及时补充含钙和锰的肥料。但施肥对无核黄皮叶片镁和钼的质量分数没有明显的影响，也就表明了这 2 种元素在整个生育期相对稳定。

无核黄皮叶片铜的质量分数呈现波动性变化，新城果园在翌年成熟期最小，秋梢期最大；农科所果园在果实膨大期达到最大值，秋梢期降低到最小值；农委果园在花芽分化期达到最大值，果实膨大期降到最小值。

3 个果园无核黄皮叶片锌的季节性变化趋势各不相同。新城和农委 2 个果园在开花期叶片锌的质量分数降到最低，幼果期之后逐渐增大，而农科所果园在幼果期降到最低值。原因可能是新城果园在幼果期施用有机肥，叶片锌营养因施肥而迅速恢复，因而在成熟期达到最大值。

3 个果园无核黄皮叶片铁的季节性变化比较明显，新城果园变化幅度较大，从秋梢期到翌年开花期呈现下降的趋势，之后又急剧上升，在果实膨大期达到最大值，接着又加速下降；农科所从第 1 年秋梢期到翌年花芽分化期下降，之后开花期有所回升；农委果园从秋梢期的最高值降到开花期的最低值，之后由于施用有机肥而于翌年秋梢期再度增加。

3 个果园无核黄皮叶片硼的质量分数在开花期降到最小值，新城和农委果园在收获期达到最大值，新的收获期又下降，农科所果园在新的收获期达到最大值。

参考文献：

- [1] 韩振海, 王倩. 我国果树营养研究的现状和展望[J]. 园艺学报, 1995, 22 (2): 138 - 146.
- [2] 钟泽, 李四俊, 杨克文, 等. 苹果营养诊断新方法[J]. 果树学报, 2005, 22 (4): 586 - 588.
- [3] 陆修闽, 郑少泉, 蒋际谋, 等. “早钟 6 号” 枇杷主要营养元素含量的年周期变化[J]. 园艺学报, 2000, 27 (4): 240 - 244.
- [4] 林敏娟, 徐继忠, 陈海江, 等. 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.
- [5] 李淑仪, 廖新荣, 廖观荣, 等. 梅州沙田柚结果树的叶片营养特点研究[J]. 热带亚热带植物学报, 2000, 8 (2): 113 - 117.
- [6] 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): 91 - 95.
- [7] 江新能, 吕仕洪, 李纯, 等. 无核黄皮生物学特性研究[J]. 广西植物, 1998, 18 (3): 275 - 280.
- [8] 徐炯志, 冼忠江. 无核黄皮生物学特性及栽培技术[J]. 广西农业科学, 1998 (1): 17 - 18.
- [9] 屈红霞, 蒋跃明, 李月标, 等. 黄皮果实采后呼吸特性及品质变化[J]. 亚热带植物科学, 2003, 32 (3): 16 - 20.
- [10] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999: 331 - 338.