

宁夏“富士”苹果大量元素动态分析和需肥规律

闫鹏科, 侯 婷, 张 丽, 左 达, 孙 权, 王 锐*

(宁夏大学农学院, 宁夏 银川 750021)

摘 要: 针对宁夏苹果产业管理过程中果园营养不均衡, 肥料利用率低, 苹果产量和品质下降等问题, 研究宁夏“富士”苹果大量元素分布动态和需肥规律。以6年生“富士”苹果为研究对象, 进行田间采样调查, 分析各个器官的干物质累积规律及养分动态变化, 探究各个时期的需肥规律。结果表明, (1) 各器官的氮含量呈下降趋势, 其含量大小顺序为: 叶 > 根 > 果 > 茎。(2) 叶、茎和果实的磷含量呈下降趋势, 根的磷含量先增加后降低, 在转色期达到峰值。(3) 叶、茎和根的钾含量先增加后降低, 在转色期达到峰值, 果实的钾含量先降低再升高, 在膨大期达到低谷, 各器官的含量大小顺序为: 叶 > 果 > 根 > 茎。(4) 整个生育期内, 干物质质量呈“S”型增加, 从 $60\ 708\ \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 增加至 $127\ 359\ \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 增加了 109.8%。(5) 各生育期的干物质累积量不同, 干物质累积量先增加后减少, 膨大期干物质累积量最大, 为 $20\ 193\ \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 占整个生育期干物质累积量的 28.73%。N、 P_2O_5 和 K_2O 的总需要量分别为 961.9、371.3 和 $484.9\ \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 其配比为 2.59 : 1.00 : 1.31。各个时期对各种养分的需求量和比例不同, 在膨大期之前对 N 的需要量高, 随着生育期的推移, 对 P_2O_5 和 K_2O 的需要量逐渐增加, 在膨大期之后, 随着果实的成熟, 对 K_2O 的需要量增加。

关键词: 苹果; 大量元素; 动态分析; 需肥规律

苹果作为宁夏的主要产业之一, 主栽品种有富士和金冠, 截止 2015 年, 宁夏苹果种植面积已超 4.67 万 hm^2 , 年产果量约 50 万 t, 产值 10 亿元以上, 优质果率不足 40%^[1]。随着苹果产业的发展, 相应问题也随之出现, 比如在施肥管理过程中, 果农们缺乏理论指导, 凭借经验, 注重化肥的施用, 少施或不施有机肥, 致使果园营养不均衡, 肥料利用率降低, 苹果产量和品质下降, 继而影响宁夏苹果产业的健康发展。

氮、磷、钾被称为“植物营养三要素”, 研究植物营养元素的分布规律, 是平衡施肥的理论基础^[2-3]。营养诊断技术是科学施肥的重要指导手段, 有研究认为^[4-5]对多年生植物进行营养诊断, 植株养分诊断比土壤养分诊断更有效。植物不同器官元素动态分析可以对其潜在的营养状况进行诊断, 根据养分状况可以分析其需肥规律^[6]。不同器官所含营养元素的种类和数量不同, 叶片对营养反应最敏感, 植物对某一养分的需求状况直接从叶片营养元素的动态变化体现出^[7]。刘小勇等^[8]、李

保国等^[9]和韩秀梅等^[10]对苹果叶矿质营养元素进行了研究, 分析了叶矿质营养元素在不同生育期的动态变化; 闫忠业等^[11]研究了苹果果实营养元素含量变化与品质的关系, 分析了果实中营养元素的周年动态变化。植物吸收利用氮磷钾的过程中, 氮、磷、钾三者的比例直接影响着吸收利用量的多少和其生长状况^[12-13]。许敏^[14]对渭北红富士苹果园进行了系统的研究, 分析了果园土壤养分、苹果叶片养分与产量三者之间的相互关系, 明确了渭北红富士苹果叶养分丰缺状况, 得出最佳推荐施肥量为 N $539.3\ \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, P_2O_5 $404.8\ \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, K_2O $377.7\ \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 最佳施肥配比为 1.4 : 1.07 : 1.00。

为了提高苹果园土壤肥力, 平衡果园营养, 提高肥料利用率, 促进苹果增产提质, 本研究以宁夏主栽的“富士”苹果为对象, 通过田间调查采样, 分析不同时期树体不同器官大量营养元素的动态变化和需肥规律。明确不同生育期各器官大量营养元素动态变化、干物质累积和需肥规律, 为宁夏苹果树的合理施肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

该试验于 2018 年 3 月至 9 月在宁夏旱作节

收稿日期: 2019-03-04; 录用日期: 2019-04-21

作者简介: 闫鹏科 (1993-), 男, 宁夏人, 硕士, 主要从事农业资源利用方面的研究。E-mail: yanpengke1993@163.com。

通讯作者: 王锐, E-mail: amwangrui@126.com。

水高效农业科技园区进行, 该园区位于宁夏中部干旱带, 东经 $105^{\circ} 59'$, 北纬 $36^{\circ} 51'$, 属中温带干旱大陆性气候, 常年干旱少雨, 年降水量 270 mm 左右, 年蒸发量 2 200 mm 左右, 海拔约 1 200 m, 无霜期 120 ~ 218 d, 年平均气温 8.6°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温约 3 000 $^{\circ}\text{C}$, 热量充足、昼夜温差大、水分蒸发强烈。试验面积 0.4 hm^2 , 供试果树是当地常规管理的 6 年生“富士”苹果, 株行距 3 m \times 4 m, 具备滴灌条件, 管理水平较高, 全园清耕, 3 月初施羊粪

4.3 $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 化肥采用水肥一体化施入, 整个生育期, 施尿素 ($\text{N} \geq 46\%$) 1800 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 磷酸一铵 ($\text{N}-\text{P}_2\text{O}_5-\text{K}_2\text{O}: 12-61-0$) 900 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 硫酸钾 ($\text{K}_2\text{O} \geq 52\%$) 900 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。供试果园土壤为灰钙土, 呈碱性, 土壤有机质很低, 随着土层的深度增加, 有机质逐渐降低; 全氮含量极低, 全磷含量适中, 碱解氮含量以 20 ~ 40 cm 土层最高, 0 ~ 20 cm 土层其次, 40 ~ 60 cm 土层最低; 有效磷含量适中, 并表现为由表层到深层逐渐递减; 速效钾含量较高。基本理化性状见表 1。

表 1 土壤基本化学性质

深度 (cm)	pH 值	全盐 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	有机质 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	全氮 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	全磷 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	碱解氮 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	有效磷 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	速效钾 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)
0 ~ 20	8.78 \pm 0.02 a	0.56 \pm 0.06 a	5.81 \pm 0.34 a	0.24 \pm 0.01 a	0.58 \pm 0.02 a	30.21 \pm 4.35 a	23.91 \pm 2.77 a	111.00 \pm 10.71 ab
20 ~ 40	8.65 \pm 0.04 b	0.45 \pm 0.05 ab	5.55 \pm 0.35 a	0.28 \pm 0.01 a	0.59 \pm 0.02 a	30.56 \pm 1.36 a	17.15 \pm 2.47 b	118.07 \pm 14.97 a
40 ~ 60	8.56 \pm 0.06 b	0.37 \pm 0.02 b	5.48 \pm 0.45 a	0.25 \pm 0.02 a	0.62 \pm 0.02 a	25.21 \pm 2.24 a	10.72 \pm 3.84 b	81.74 \pm 8.65 b

注: 同列数据后不同小写字母表示差异达 0.05 显著水平 ($n=5$), 下表同。

1.2 采集时间及方法

采样时间: 采样时期分别为萌芽期 (3 月 24 日)、盛花期 (4 月 21 日)、幼果期 (5 月 23 日)、生理落果期 (6 月 20 日)、膨大期 (7 月 22 日)、转色期 (8 月 25 日) 和成熟期 (9 月 23 日), 土壤样品在萌芽期采集 1 次, 植株样品从盛花期到成熟期采集 6 次。

采样方法: 土壤样品采用对角线法选定 5 点, 即 5 棵树 (5 个重复), 在每棵果树的树冠垂直投影半径的二分之一处, 用剖面土样采集法, 根据人为扰动和根系分布, 分为 3 层 (0 ~ 20、20 ~ 40 和 40 ~ 60 cm), 采集 15 个基础土样; 植株样品按不同器官 (叶、茎、根、果实), 每次采对角线法选定的 5 棵树, 每棵树取叶样 100 片, 取近似等体积的不同分枝的茎混合作为茎样, 在 0 ~ 60 cm 土体内取近似等体积的粗根、中根和细根混合作为根样, 每棵树在不同高度取大小相近的 5 个苹果作为果实样。

1.3 测定项目

1.3.1 体积测定

苹果树为合轴分枝, 有主茎、一级分枝和二级分枝。每级分枝均近似看为圆台, 每次采样均用游标卡尺测量各分枝二分之一处的直径记作 d , 其面积 $S=\pi(d/2)^2$, 用卷尺测量其长度记作 L , 体积 $V=S \times L$, 因为圆柱和圆台等高且圆柱底面半径是圆台两底面半径的等差中项, 则圆柱体积与圆台相等。

1.3.2 密度测定

将三角瓶装满水, 塞紧, 用干洁的滤纸或纱布擦干瓶身外粘附的水分, 称重记作 M_1 , 样品称重记 M_2 , 将样品放入加满水的三角瓶内, 塞紧, 称重记作 M_3 (为防止样品表面产生气泡, 可将样品在表面活性剂中浸一下, 对密度的影响忽略不计), 计算出样品的体积: $V=(M_1+M_2+M_3)/\rho_{\text{水}}$, 式中 $\rho_{\text{水}}$ 为水的密度, 标准状态下, $\rho_{\text{水}}=1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$, 则样品的密度计算式为: $\rho=M_2/V^{[15]}$ 。

1.3.3 质量测定

整棵树叶的干物质量 = 单叶重 \times 叶片数, 茎的干物质量 $M=V \times \rho_{\text{茎}}$, 根的干物质量 = 根冠比^[16] \times 地上部干物质量 = 根冠比 \times (叶的干物质量 + 茎的干物质量 + 果的干物质量), 果的干物质量 = 单果干物质量 \times 果实个数。

1.3.4 植物样品测定

将采回的植株样品用蒸馏水冲干净, 在烘箱 105°C 杀青 0.5 h, 然后在 $60 \sim 70^{\circ}\text{C}$ 下烘干, 粉碎, 用于测定植株的全氮、全磷和全钾的含量。采用 $\text{HClO}_4-\text{H}_2\text{SO}_4$ 消煮, 用凯氏定氮法测定植株全氮含量; 用钒钼黄比色法测定植株全磷含量; 用火焰光度法测定植株全钾含量^[17]。

1.3.5 土壤样品测定

将采回的土样风干、磨细, 过 1 和 0.25 mm 筛, 用于测定 pH 值、全盐、有机质、碱解氮、有效磷、速效钾、全氮和全磷的含量, 具体测定方法

参照鲍士旦^[17]方法；土壤 pH 值用 PHS-25 精密酸度计测定；全盐采用电导率仪测定；有机质采用重铬酸钾容量-外加加热法测定；碱解氮采用碱解扩散法测定；有效磷采用钼锑抗比色法测定；速效钾采用火焰光度法测定；全氮采用凯氏定氮法测定；全磷采用钼锑抗比色法测定。

1.4 数据处理

试验数据以 Excel 2007 软件整理数据并作图，采用 SPSS 21 软件进行方差分析，并用 LSD 法 ($\alpha=0.05$) 进行多重比较，图表中数据为平均值 \pm 标准误。

2 结果与分析

2.1 不同时期各器官干物质质量和积累量

由图 1 可知，在整个采样时间段内，苹果干物质质量呈“S”型增加，盛花期干物质质量最少，为 60 708 kg · hm⁻²，成熟期干物质质量最多，为 127 359 kg · hm⁻²，较盛花期增加了 109.8%。由表 2 可知，各生育期的干物质积累量不同，随生育期的推移干物质积累量呈先增加后减少，其大小顺序为：膨大期 > 生理落果期 > 转色期 > 幼果期 > 成熟期 > 盛花期，膨大期干物质积累量为 20 193 kg · hm⁻²，占整个生育期的 28.73%，盛花期干物质积累量为 3 639 kg · hm⁻²，占整个采样时间段的 5.18%。整个生育期内各器官干物质积累量不同，叶、茎、果和根的干物质积累量分别占整个生育期

的 3.00%、21.31%、9.02% 和 66.67%；叶的干物质积累量在盛花期最大，成熟期最小，分别占整个生育期的 33.69% 和 1.59%；茎的干物质积累量在生理落果期最大，为 4 576 kg · hm⁻²，占整个生育期的 30.51%；果在整个生育期内干物质积累量为 6 343 kg · hm⁻²，各时期积累多少顺序为：膨大期 > 转色期 > 生理落果期 > 成熟期 > 幼果期；根在整个生育期内干物质积累量为 46 860 kg · hm⁻²，各时期积累多少顺序为膨大期 > 生理落果期 > 转色期 > 幼果期 > 成熟期 > 盛花期，分别占整个生育期内根的干物质积累量的 28.73%、26.65%、18.71%、13.45%、7.28% 和 5.18%。

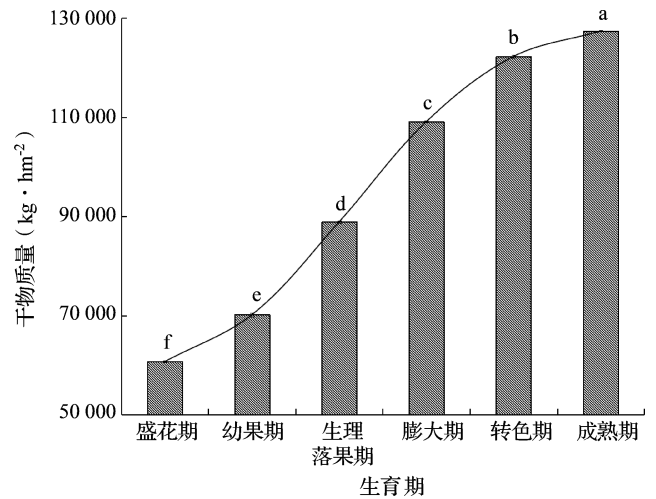


图 1 干物质质量变化

注：小写字母不同表示差异达 5% 显著水平。下同。

表 2 各生育期干物质积累量及其占比

项目	器官	盛花期	幼果期	生理落果期	膨大期	转色期	成熟期	共计
干物质积累量 (kg · hm ⁻²)	叶	711 ± 11.76 a	380 ± 11.36 c	490 ± 24.52 b	349 ± 16.72 d	146 ± 13.42 e	34 ± 3.68 f	2 109 ± 52.60
	茎	502 ± 35.32 f	2 752 ± 113.17 c	4 576 ± 29.05 a	3 814 ± 31.52 b	2 262 ± 79.47 d	1 071 ± 28.08 e	14 978 ± 27.22
	果	—	20 ± 0.54 e	1 177 ± 20.01 c	2 568 ± 16.18 a	1 975 ± 19.84 b	602 ± 6.90 d	6 343 ± 23.07
	根	2 426 ± 94.16 f	6 304 ± 250.14 d	12 487 ± 147.16 b	13 462 ± 128.84 a	8 766 ± 225.46 c	3 415 ± 77.32 e	46 860 ± 113.18
累积总量 (kg · hm ⁻²)		3 639 ± 141.24 f	9 457 ± 375.21 d	18 730 ± 220.74 b	20 193 ± 193.26 a	13 149 ± 338.19 c	5 122 ± 115.98 e	70 290 ± 189.77
累积量占比 (%)		5.18	13.45	26.65	28.73	18.71	7.28	100

2.2 不同器官中氮含量及动态分析

由图 2 可知，在整个生育期内各器官氮含量基本呈下降趋势；同一器官不同时期，其氮含量不同；不同器官相同时期，其氮含量也不同，从盛花期到成熟期，各器官的氮含量大小顺序为：叶 > 根 > 果 > 茎；叶的氮含量在盛花期最大，为 33.52 g · kg⁻¹，生理落果期到成熟期变化不大，变化范围在 22.78 ~ 24.29 g · kg⁻¹；茎的氮含量从盛花期到生

理落果期逐渐降低，盛花期最大，为 7.79 g · kg⁻¹，生理落果期最小，为 3.93 g · kg⁻¹，从生理落果期到成熟期变化很小，变化范围在 3.93 ~ 4.72 g · kg⁻¹；根的氮含量在转色期之前变化呈“V”型，成熟期最小，为 3.93 g · kg⁻¹，较转色期下降了 66.23%；果在整个生育期内氮含量逐渐降低，幼果期最大，为 13.18 g · kg⁻¹，成熟期最小，为 4.23 g · kg⁻¹，从幼果期到成熟期，下降了 68.11%。

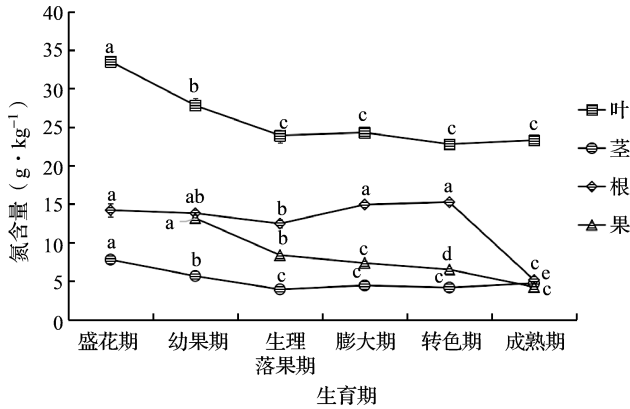


图2 不同器官中氮含量水平及动态分析

2.3 不同器官中磷含量及动态变化

由图3可知,在整个生育期内各器官的磷含量大小顺序为:叶>根>果>茎;不同生育期各器官磷含量不同,叶的磷含量呈下降趋势,盛花期最大,为4.61 g·kg⁻¹,成熟期最小,为1.9 g·kg⁻¹,较盛花期降低了58.79%;茎的磷含量表现为先降低再升高再降低的趋势,膨大期最大,为1.24 g·kg⁻¹,成熟期最小,为0.63 g·kg⁻¹,比盛花期降低了47.93%,比膨大期降低了49.19%;根的磷含量先增加后降低,在转色期达到峰值,为2.91 g·kg⁻¹,较盛花期、幼果期、生理落果期和膨大期分别增加了58.76%、40.89%、13.40%和13.06%,成熟期最小,为0.57 g·kg⁻¹,较转色期降低了2.34 g·kg⁻¹;果的磷含量呈降低趋势,幼果期最大,为1.71 g·kg⁻¹,成熟期最小,为0.32 g·kg⁻¹,与幼果期相比,生理落果期、膨大期、转色期和成熟期分别降低了12.87%、42.11%、41.52%和81.29%。

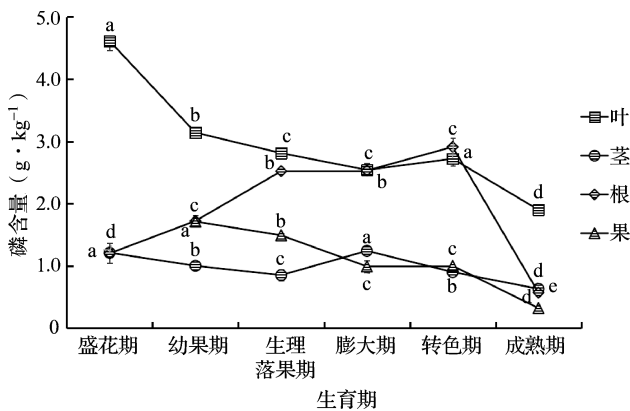


图3 不同器官中磷含量水平及动态分析

2.4 不同器官中钾含量及动态变化

由图4可知,在整个生育时期内各器官的钾含量大小顺序基本上为:叶>果>根>茎;叶、茎和

根在转色期均达到了峰值。叶的钾含量呈“M”型变化,在生理落果期和膨大期出现峰值,从转色期到成熟期下降了24.82%;茎的钾含量在盛花期最小,为1.3 g·kg⁻¹,是转色期的21.78%,成熟期较转色期下降了20.27%;根从盛花期到生理落果期钾含量逐渐降低,从4.62 g·kg⁻¹降到了2.85 g·kg⁻¹,在转色期达到峰值,为6.63 g·kg⁻¹,较盛花期、幼果期、生理落果期和膨大期分别增加了43.51%、121.00%、132.63%和94.43%,成熟期有所下降,较转色期下降了34.39%。果的钾含量呈先下降后上升的趋势,幼果期最大,为15.10 g·kg⁻¹,膨大期最小,为11.22 g·kg⁻¹,较幼果期和生理落果期分别下降25.70%和3.36%,转色期和成熟期相比膨大期钾含量分别增加了9.54%和26.92%。

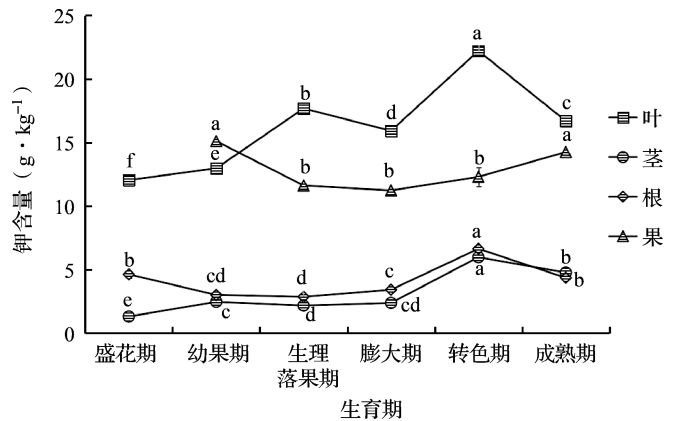


图4 不同器官中钾含量水平及动态分析

2.5 各生育期苹果树需肥规律的确定

由表3可知,不同生育期苹果树对N、P₂O₅和K₂O的需要量和比例不同,整个生育期内,N、P₂O₅和K₂O的总需要量分别为961.91、371.30和484.87 kg·hm⁻²,其配比为2.59:1.00:1.31。N和P₂O₅在膨大期需要量最大,为294.50和116.01 kg·hm⁻²,分别占整个生育期的30.62%和31.24%,在成熟期需要量最小,为31.17和7.91 kg·hm⁻²,占整个生育期的3.24%和2.13%;K₂O在转色期需要量最大,为142.76 kg·hm⁻²,占整个生育期的29.44%,其次为膨大期、生理落果期、幼果期、成熟期和盛花期,分别占整个生育期的26.53%、20.15%、9.18%、8.64%和6.06%。N:P₂O₅:K₂O的比例随生育期的变化而变化,膨大期以前对N的需要量大,随生育期的推进,对P₂O₅和K₂O的需要量逐渐增加,膨大期以后,随着果实的成熟,对K₂O的需要量逐渐增加。

表3 各生育期苹果树的需肥量及比例

		盛花期	幼果期	生理落果期	膨大期	转色期	成熟期	共计
需肥量 (kg·hm ⁻²)	N	74.65 ± 3.28 e	136.17 ± 3.65 d	234.31 ± 1.15 b	294.50 ± 0.54 a	191.11 ± 1.98 c	31.17 ± 0.75 f	961.91 ± 2.13
	P ₂ O ₅	18.67 ± 0.78 e	40.73 ± 1.58 d	105.76 ± 0.53 b	116.01 ± 0.32 a	82.22 ± 0.97 c	7.91 ± 0.19 f	371.30 ± 0.91
	K ₂ O	29.40 ± 1.20 e	44.51 ± 1.36 d	97.69 ± 0.68 c	128.62 ± 0.45 b	142.76 ± 1.07 a	41.89 ± 0.73 d	484.87 ± 2.35
	N : P ₂ O ₅ : K ₂ O	4.00 : 1.00 : 1.57	3.34 : 1.00 : 1.09	2.40 : 1.08 : 1.00	2.54 : 1.00 : 1.11	2.32 : 1.00 : 1.74	3.94 : 1.00 : 5.30	2.59 : 1.00 : 1.31

3 讨论

3.1 不同器官中大量元素含量水平及动态变化

植株的生育阶段是体内代谢活动阶段性在形态上的反应,在各生育阶段,不同器官所含营养元素的种类和数量不同。刘小勇等^[8]研究表明,苹果不同枝类叶片氮、磷含量均呈下降趋势,钾含量呈先上升再下降,到果实成熟期再上升的趋势;闫忠业等^[11]研究发现,随果龄的增加,果实中氮含量逐渐降低,磷含量先增加再降低再增加,钾含量先增加再降低;樊红柱等^[18-20]研究认为,随着时间的推移,苹果树各器官氮含量基本呈下降的趋势,磷含量呈先下降后上升的趋势,钾含量呈基本下降的趋势。本研究表明,随生育期的推进,各器官氮含量基本呈下降趋势,其含量大小顺序为:叶>根>果>茎;叶、茎和果的磷含量基本呈降低趋势,根的磷含量先增加后降低,在转色期达到峰值;叶、茎和根的钾含量先增加,在转色期达到最大,成熟期再降低,果实的钾含量先降低再升高,在膨大期出现了低谷。分析其原因是开花期以前氮为上年积累,含量高,多以氨基酸及蛋白质形态存在,结果后从营养生长转向生殖生长,树体中C/N值提高,氮含量降低,进入生殖生长以后,营养器官为生殖器官提供营养,故从盛花期到果实成熟期,各器官氮含量基本呈下降趋势^[21],果实成熟为氮素营养储备期,此时期氮素回流,苹果树主要以地上部储存为主,故根、叶和果实的氮含量减少,茎的氮含量增加。磷的运移速度慢,生理落果期以前果树器官建造主要利用树体贮存的磷素,磷的分配随生长中心的转移而转移,故茎、叶和果实的磷含量逐渐降低,根系吸收土壤中的磷,使得磷含量上升;从生理落果期到膨大期,磷从根系向茎运移;从膨大期到转色期,磷从茎向叶运移;成熟期各器官中磷素回流。钾在树体内移动性强,根系吸收后迅速分配到各个生长点,致使从盛花期到转色期各器官钾含量增加;从转色期到成熟期,果实中淀粉糖化,对钾的需求量大,此时根、茎和叶中的钾向果实移动,使得根、茎和叶的钾含量降低,果实的钾含量增加。

3.2 干物质量与需肥规律

干物质量的多少直接体现着植物获取能量的能力。本研究得出苹果干物质量呈“S”型增加,与Avanza等^[22]和柴仲平等^[23]研究结果相似,其原因是生长初期,光合面积小,根系不发达,生长速率慢;生长中期,随着光合面积的迅速扩大和庞大根系的建立,生长速率加快;生长后期,树体渐渐衰老,光合速率减慢,根系生长缓慢,生长减慢以至停止^[24]。营养物质是植物生长发育、产量形成以及品质提高的物质基础^[2, 25-26]。氮、磷、钾三者的比例直接影响着植物吸收利用量的多少和树木的生长状况。许敏^[14]研究表明,渭北红富士苹果最佳推荐施肥量为N 539.33 kg·hm⁻², P₂O₅ 404.78 kg·hm⁻², K₂O 377.70 kg·hm⁻²,其最佳施肥配比为1.43:1.07:1.00。本研究表明,在整个生育期内,N、P₂O₅和K₂O的总需要量分别为961.91、371.30和484.87 kg·hm⁻²,其配比为2.59:1.00:1.31。原因可能是树龄、土壤养分和管理水平不一致。不同品种,不同树龄,不同土壤类型,不同施肥方式,其肥料利用率不同。有关苹果树生长发育的具体施肥量及其施肥比例有待进一步研究。

4 结论

随生育期的推进,各器官的氮含量基本呈下降趋势;叶、茎和果的磷含量呈下降趋势,根的磷含量先增加后降低;叶、茎和根的钾含量先增加后降低,果实的钾含量先降低再升高;随生育期的推移,干物质量呈“S”型增加,干物质累积量先增加后减少;需肥量分别为:N 961.91 kg·hm⁻², P₂O₅ 371.30 kg·hm⁻², K₂O 484.87 kg·hm⁻²,其配比为2.59:1.00:1.31;不同生育时期对各种养分的需要量和比例不同,果实膨大期以前对N的需要量大,随生育期的推移,对P₂O₅和K₂O的需要量逐渐增加,膨大期以后,随着果实的成熟,对K₂O的需要量逐渐增加。

参考文献:

- [1] 李国,牛锦凤.宁夏苹果产业发展现状、存在问题及对策[J].宁夏林业,2015,54(1):16-17,22.
- [2] 童琪,李志辉,童方平,等.南酸枣幼林配方施肥及叶片氮

- 磷钾元素分布规律 [J]. 中南林业科技大学学报, 2017, 37 (5): 50-54.
- [3] 徐超, 王雪梅, 陈波浪, 等. 不同树龄库尔勒香梨叶片养分特征分析 [J]. 经济林研究, 2016, 34 (3): 22-29.
- [4] Jones J B. Plant nutrition manual [M]. Washington DC: CRC Press, 1998. 149.
- [5] Wardlaw I F. Tansley Review No. 27. The control of carbon partitioning in plants [J]. New Phytologist, 2010, 116 (3): 341-381.
- [6] 莫宝盈, 易立飒, 奚如春, 等. 油茶叶片营养诊断分析样品适宜采集期研究 [J]. 经济林研究, 2013, 31 (1): 13-19.
- [7] 樊红柱, 同延安, 吕世华. 苹果树体不同器官元素含量与累积量季节性变化研究 [J]. 西南农业学报, 2007, (6): 1202-1206.
- [8] 刘小勇, 张坤, 董铁, 等. 两个苹果品种不同枝类叶营养含量年周期变化及营养诊断方法研究 [J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20 (2): 481-489.
- [9] 李保国, 徐爱春, 齐国辉, 等. 红富士苹果叶片主要矿质元素含量变化规律研究 [J]. 河北林果研究, 2006, 21 (3): 296-299.
- [10] 韩秀梅, 向青云, 吴亚维, 等. 威宁红富士苹果主要矿质元素的含量 [J]. 贵州农业科学, 2011, 39 (11): 194-196.
- [11] 闫忠业, 伊凯, 刘志, 等. 富士苹果果实主要营养元素含量变化与品质的关系 [J]. 江苏农业科学, 2018, 46 (6): 167-169.
- [12] 王磊彬, 陈兴望, 李天宇, 等. 江苏丰县地区丰县“富士”苹果生产园叶片矿质营养元素适宜值的研究 [J]. 江西农业大学学报, 2018, 40 (1): 56-65.
- [13] 王泽, 盛建东, 陈波浪, 等. 矮密栽培红枣树生物量及养分积累动态研究 [J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18 (1): 169-175.
- [14] 许敏. 渭北高原红富士苹果园土壤养分特征及施肥管理研究 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2015.
- [15] 钟广炎. 一种快速测定植物器官体积的方法 [J]. 植物生理学报, 1990, (5): 58-64.
- [16] 耿玉韬. 果树根系及其管理 [J]. 植物杂志, 1986, (5): 28-29.
- [17] 鲍士旦. 土壤农化分析 (第3版) [M]. 北京: 中国农业出版社, 2007.
- [18] 樊红柱, 同延安, 吕世华, 等. 苹果树体氮含量与氮累积量的年周期变化 [J]. 中国土壤与肥料, 2008, (4): 15-17.
- [19] 樊红柱, 同延安, 赵营, 等. 苹果树体磷素动态规律与施肥管理 [J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25 (1): 73-77.
- [20] 樊红柱, 同延安, 吕世华, 等. 苹果树体钾含量与钾累积量的年周期变化 [J]. 西北农林科技大学学报 (自然科学版), 2007, 35 (5): 169-172.
- [21] 李文庆, 张民, 束怀瑞. 氮素在果树上的生理作用 [J]. 山东农业大学学报 (自然科学版), 2002, 33 (1): 96-100.
- [22] Avanza M M, Bramardi S J, Mazza S M. Statistical models to describe the fruit growth pattern in sweet orange “Valencia late” [J]. Spanish Journal of Agricultural Research, 2008, 6 (4): 577-585.
- [23] 柴仲平, 王雪梅, 陈波浪, 等. 库尔勒香梨年生长期生物量及养分积累变化规律 [J]. 植物营养与肥料学报, 2013, 19 (3): 656-663.
- [24] 张晋玮. 植物的营养生长与环境 [J]. 现代畜牧科技, 2014, (2): 85.
- [25] 刘茂秀, 史军辉, 王新英. 库尔勒香梨土壤主要养分与产量关系的研究 [J]. 中国土壤与肥料, 2018, (1): 140-145.
- [26] 张超, 张海, 周旭, 等. 苹果专用肥对果园土壤理化性质及苹果产量、品质的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2017, (4): 27-33.

Dynamic analysis of macroelement distribution and nutrient requirement of “Fuji” apple in Ningxia

YAN Peng-ke, HOU Ting, ZHANG Li, ZUO Da, SUN Quan, WANG Rui* (School of Agronomy Ningxia University, Yinchuan Ningxia 750021)

Abstract: In view of the problems in ningxia apple industry management, such as the unbalanced nutrition in orchards soil, low fertilizer utilization rate, the decline of apple yield and quality, the distribution of macroelement and nutrient requirements of “Fuji” apples in Ningxia were studied. The 6-year-old “Fuji” apple was used as the research object, the dynamic changes of nutrient contents in various organs and the accumulation law of dry matter quality were analyzed to explore the dry matter accumulation and fertilizer requirements in each period. The results showed that, (1) The nitrogen content of each organ showed a downward trend, and the order of the content was: leaf>root>fruit>stem. (2) The phosphorus content of leaves, stems and fruits showed a downward trend, and the phosphorus content of roots increased first and then decreased, reaching a peak during the color change period. (3) The potassium content of leaves, stems and roots increased first and then decreased, peaked during the color change period, and the potassium content of the fruit decreased first and then increased, reaching a trough during the expansion period. The order of the contents of each organ was: leaf>fruit > root > stem. (4) With the sampling period, the dry matter quality increased by “S” type, increasing from 60 708 kg · hm⁻² to 127 359 kg · hm⁻², which increased by 109.8%. (5) The accumulation of dry matter in different growth stages was different. The accumulation of dry matter first increased and then decreased. The maximum dry matter accumulation was 20 193 kg · hm⁻² during fruit swelling period, accounting for the dry matter cumulative amount of the whole growth period was 28.73%. The total requirements of N, P₂O₅ and K₂O were 961.9, 371.3 and 484.9 kg · hm⁻², respectively, and the ratio was 2.59 : 1.00 : 1.31. The requirement and proportion of various nutrients are different in each period. The requirement of N is high before the fruit swelling period. With the growth period going on, the requirement of P₂O₅ and K₂O will gradually increase. After the fruit swelling period, the requirement of K₂O will increase.

Key words: apple; macroelements; dynamic analysis; rule of requirement fertilization