

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

曾艳娟,高义民,同延安

(西北农林科技大学 资源环境学院,陕西 杨凌 712100)

【摘 要】 【目的】研究不同 N 肥用量对黄土高原地区红富士苹果叶片和新生枝条中 N 营养动态的影响,以期
为果树营养诊断提供理论依据。【方法】试验共设 6 个处理,分别为 CK(不施 N,对照)、N1(施纯 N 0.3 kg/株)、N2
(施纯 N 0.6 kg/株)、N3(施纯 N 1.2 kg/株)、N4(施纯 N 2.4 kg/株)和 N5(施纯 N 4.8 kg/株),每处理设 3 次重复,随
机排列,自 04-29 至收获前每隔 30 d 采集 1 次叶片和新生枝条样本,测定其 N 含量。【结果】施用 N 肥使红富士苹果
叶片和新生枝条中的 N 含量都明显增加,分别较 CK 平均增加 2.6~6.2 和 1.0~3.1 g/kg。5—8 月,N 肥用量与苹
果叶片和新生枝条中的 N 含量之间均呈显著或极显著的相关关系,相关系数分别高达 0.814 2~0.948 0 和 0.908 3~
0.981 2。【结论】苹果树 N 素供应丰缺诊断可以以 5—8 月苹果叶片和新生枝条中 N 含量为依据,而其中叶片以 8
月、新生枝条以 6—8 月为最佳采样时期。

【关键词】 氮肥;苹果;叶片;新生枝条;营养动态

【中图分类号】 S661.106⁺.2

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2011)02-0197-05

Effect of N supply on the developments of N in leaves and new branches in “Fuji” apple

ZENG Yan-juan,GAO Yi-min,TONG Yan-an

(College of Resources and Environmental Sciences, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】 The objective of this study was to explore the effect of different N supplies on
the developments of N in leaves and new branches in “Fuji” orchard in the Loess Plateau to supply theoret-
ical basis for nutrient diagnosis of apple tree. 【Method】 The experiment contained six treatments:CK (the
control treatment with no nitrogen fertilizer), N1 (0.3 kg/tree), N2 (0.6 kg/tree), N3 (1.2 kg/tree), N4
(2.4 kg/tree) and N5 (4.8 kg/tree). Each treatment had three repeats, random arrangement, sampling the
leaves and new branches every thirty days from late April to early harvest. And then the N content in leav-
es and new branches was measured. 【Result】 Results showed that the content of N in apple leaves and new
branches, with the application of nitrogen obviously increased, from 2.6 to 6.2 g/kg, 1.0 to 3.1 g/kg re-
spectively compared to CK (the control treatment); From May to August, the rates of N and the N content
in apple leaves and new branches were fitted by a polynomial ($P < 0.05$ or $P < 0.01$), the correlation coeffi-
cients reached 0.814 2—0.948 0 and 0.908 3—0.981 2 respectively. 【Conclusion】 From May to August, N
content of leaves and new branches can be used as the basis to diagnose the supply of N nutrient in apple
trees, while August for leaves and June to August for the new branches are the best sampling period.

* [收稿日期] 2010-07-23

[基金项目] 国家科技支撑计划项目“西北退化耕地地力恢复技术模式研究与示范”(2006BAD05B07);国际植物营养研究所项目
(IPNI)

[作者简介] 曾艳娟(1985—),女,河南邓州人,在读硕士,主要从事果树营养及土壤化学研究。E-mail:zyjel@126.com

[通信作者] 高义民(1969—),男,甘肃泾川人,讲师,主要从事土壤养分管理及 GIS 技术研究。E-mail:gaoyim@nwsuaf.edu.cn

Key words: nitrogen; apple; leaf; new branch; development of nutrients

N 是植物必需的大量营养元素之一,是果树生长的重要物质基础,其对果树的器官建造、物质代谢、生化过程、果实产量及品质的形成等都有不可替代的作用^[1]。因此,N 肥的管理历来受到果农和研究者的重点关注。然而果树当年的生长及产量结果并不完全取决于当季施肥量的多寡,许多研究表明,果树新生器官的生长主要受上年施肥后储藏在树体木质部皮层的 N 素养分的影响^[2-5]。因此,一些研究者认为,对多年生果树进行营养器官分析诊断比土壤分析诊断更有效^[6]。近 20 年来,随着国外果树营养诊断理论与技术体系的不断完善,果树营养诊断逐渐被认为是了解果树营养状况、指导果园定量化合理施肥的有效技术之一^[7],是北美等地区苹果主要产区的常规生产技术^[8]。但由于受品种、树龄、砧木、立地条件和产量等因素影响,树体营养器官中养分元素的含量在空间和时间上存在很大变异^[9-13],导致不同研究者得到的养分评判标准并不一致^[14-16]。此外,已有的研究报道普遍只关注不同评判标准之间的比较,而对于决定营养诊断结果的采样时间及部位等采样策略的研究则鲜见涉及。

以陕西为代表的黄土高原地区是中国最大的苹果产区,被认为是世界上最佳的苹果优生区之一^[17]。近年来由于苹果生产效益较好,果农普遍重视化肥的施用,尤其是 N 肥的过量施用现象更为普遍,在相同的产量水平下,很多果园 N 肥用量甚至达到国外果园的 4~5 倍,这不仅造成了苹果产量和品质下降,影响了经济效益,而且还导致了环境污染等严重后果。本试验从红富士苹果树体营养器官的采样技术入手,研究不同 N 肥供应水平下叶片和新生枝条中 N 素的营养动态变化,旨在为果树营养诊断中的采样时间及部位提供参考,为进行科学的果园营养状况评判及合理的施肥决策提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验果园概况

供试果园位于陕西渭北苹果重要产区县之一的合阳县休里村(东经 109°58'33",北纬 34°59'16"),海拔 950 m,光照充足,年平均气温 11.5 ℃,年均降水量 536.5 mm,最大蒸发量 1 005.8 mm。果园面积 10 hm²,地势平坦,可灌溉,土壤为黑垆土,肥力中等偏下,土壤理化性质为:有机质 5.7 g/kg,铵态氮 9.4 mg/kg,硝态氮 136.3 mg/kg,速效磷 11.8

mg/kg,速效钾 172.8 mg/kg。供试苹果为矮化红富士,以 M26 为中间砧。树龄 14 年(至 2008 年),挂果第 9 年,株行距 4 m×3 m。果园肥力状况和管理水平在当地属于中等水平,且有一定的代表性。

1.2 试验设计

试验共设 6 个处理,分别为 CK(不施 N,对照)、N1(施纯 N 0.3 kg/株)、N2(施纯 N 0.6 kg/株)、N3(施纯 N 1.2 kg/株)、N4(施纯 N 2.4 kg/株)和 N5(施纯 N 4.8 kg/株)。选择长势一致、无病虫害的 6 棵树作为一个处理,每处理重复 3 次,随机排列。氮肥用尿素,2008 年秋季果实采收后即以氮肥总用量的 2/3 作为基肥施入,氮肥总用量的 1/3 在 2009 年春季(03-15)作为追肥施入。所有小区在施用基肥时均施入等量磷肥和钾肥(P₂O₅ 和 K₂O 施用量均为 0.3 kg/株)。基肥以放射沟状施入,追肥采用穴施法。

1.3 样品采集、测定及数据处理

从果树落花后枝、叶迅速生长时(04-29)开始至收获前,每隔 30 d 采样 1 次,共 5 次。以树冠外围中部叶作为叶片样,以树冠中部的当年生枝条作为新生枝条样,在各小区每棵供试树体上均匀地随机采样,每次每小区采叶 100 片以上,枝条 2 根/株。样品装入塑料袋带回实验室,先用自来水冲洗后再用蒸馏水进行清洗,之后在 105 ℃条件下杀酶 15~20 min,然后在 70~80 ℃下烘干,磨碎过筛后加浓硫酸和双氧水消化^[18],消化液中的 N 含量采用 Tector5020 流动注射分析仪测定。

采用 EXCEL 和 SPSS 软件对试验数据进行处理,邓肯氏 SSR 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 N 肥用量对红富士苹果叶片中 N 含量年动态的影响

4—8 月,不同 N 肥用量对红富士苹果叶片中 N 含量的影响如表 1 所示。表 1 表明,在同一采样时期,除 08-29 N1 处理外,所有 N 肥处理的苹果叶片 N 含量均显著大于 CK,施用 N 肥使苹果叶片中的 N 含量较 CK 平均增加了 2.6~6.2 g/kg;除 04-29 N5 处理和 08-29 N1 处理外,其他施 N 处理苹果叶片中的 N 含量差异均不显著。04-29,N5 处理叶片中 N 含量显著高于其他施 N 处理;08-29,N1 处理叶片中 N 含量显著低于其他施氮处理。这表明在 4—8 月,施用不同量的 N 肥能明显增加苹果叶片中

N 含量,随着 N 肥用量的增加,叶片中 N 含量总体呈增加趋势,但各处理间的差异较小。

由表 1 还可知,在 4—8 月,随着时间的延长,不同 N 肥用量下,叶片中的 N 含量均呈现出“下降—上升—下降”的变化趋势,这与樊红柱等^[19]的研究结果基本一致,表明虽然施 N 明显增加了苹果叶片中的 N 含量,但并未改变苹果叶片中 N 含量在不同时期波动的趋势,这与国外砂培条件下苹果树叶片的

氮素年动态变化完全一致^[20]。在 04-29,各 N 肥处理叶片 N 含量均最高,而低 N 肥处理(N1 和 N2)苹果叶片 N 含量在 08-29 均最低,高 N 肥处理(N3、N4 和 N5)苹果叶片 N 含量在 05-29 最低,这表明 N 肥用量增加到一定程度后,苹果叶片中 N 含量最低值的出现时间会提前,且生长后期叶片中 N 含量会相对较高,这种状况对于生长后期果实的进一步膨大及来年花芽的形成是有利的。

表 1 不同 N 肥用量对不同采样时期红富士苹果叶片中 N 含量的影响

Table 1 Effect of N rates on N concentration in apple leaves at different growth stages							g/kg
处理 Treatment	叶片 N 含量 N concentration in apple leaves						平均 Average
	04-29	05-29	06-29	07-29	08-29		
CK	15.4 a	14.0 a	14.2 a	15.1 a	11.1 a		14.0
N1	20.2 b	15.6 b	16.6 b	17.6 b	13.1 a		16.6
N2	20.7 b	16.0 b	17.6 b	18.9 b	15.3 b		17.7
N3	21.4 b	16.6 b	17.7 b	19.5 b	17.8 b		18.6
N4	21.5 b	16.7 b	19.5 bc	20.7 b	18.8 b		19.4
N5	24.7 c	17.4 b	18.3 b	22.1 bc	18.8 b		20.2

注:数据为 3 次重复的平均值;同列数据后标不同小写字母者表示差异达显著水平($P<0.05$)。表 3 同。
Note: Data are the average of three replicates. Within a column followed by the different letters are significantly different using the least significant difference test ($P<0.05$). Table 3 is the same.

2.2 N 肥用量与不同采样时期叶片中 N 含量的相关性分析

对不同采样时期苹果叶片中的 N 含量与 N 肥用量的相关关系进行拟合,结果见表 2。从表 2 可以看出,各个采样时期苹果叶片中 N 含量与 N 肥用量均呈二次曲线相关关系,且除 04-29 外,其他采样时期的相关系数均达到显著或极显著水平,表明 5—8 月苹果叶片中的 N 含量均可以作为苹果树 N 素养分供应情况诊断的依据,而其中又以 8 月为最佳采样时期。国外一般建议以花后 110~125 d 的叶片诊断结果为依据^[21],本试验所得结论几乎比国外晚 1 个月,这显然是由于气候和施肥方式差异造成的。

表 2 N 肥用量(x)与不同采样时期叶片中 N 含量(y)的相关关系

Table 2 Relationship between N rates(x)and N concentration in apple leaves(y) at different growth stages		
采样时间 Date	抛物线方程 Parabolic equation	相关系数(r^2) Correlation coefficient
04-29	$y=-0.031\ 3x^2+0.288\ 2x+1.778\ 1$	0.729 9
05-29	$y=-0.021\ 3x^2+0.154\ 5x+1.473\ 6$	0.814 2 *
06-29	$y=-0.052\ 4x^2+0.317\ 3x+1.507\ 7$	0.875 0 *
07-29	$y=-0.039\ 4x^2+0.309\ 0x+1.620\ 9$	0.902 9 *
08-29	$y=-0.079\ 3x^2+0.522\ 9x+1.176\ 1$	0.948 0 **

注: $r_{0.05}^2=0.770\ 9$, $r_{0.01}^2=0.919\ 6$ 。表 4 同。
Note: $r_{0.05}^2=0.770\ 9$, $r_{0.01}^2=0.919\ 6$. Table 4 is the same.

2.3 氮肥用量对红富士苹果新生枝条中 N 含量年动态的影响

4—8 月不同 N 肥用量对红富士苹果新生枝条中 N 含量的影响如表 3 所示。表 3 显示,在不同采样时期,不同 N 用量处理苹果新生枝条的 N 含量均高于 CK,平均比 CK 增加 1.0~3.1 g/kg。在同一采样时间,新生枝条中 N 含量基本随 N 肥用量的增加而增大。与 CK 相比,不同 N 肥用量处理对苹果新生枝条 N 含量的影响在 4 月和 5 月并未达到显著水平;在 6—8 月,N3、N4、N5 处理新生枝条中的 N 含量均显著大于 CK。结合前文结果可知,与叶片相比,尽管苹果新生枝条中 N 含量相对较低,但其在不同生育阶段和不同处理之间变化均较大,这可能是在营养诊断中不能仅将新生枝条作为采样对象的原因之一。

从表 3 还可以看出,在 4—8 月,随着时间的延长,不同 N 肥处理新生枝条中 N 含量均呈先下降后上升再下降的变化趋势,其中,各施 N 肥处理新生枝条的 N 含量均在 6 月达到最高,而 CK 则在 7 月达到最高。07-29—08-29,N4 和 N5 处理新生枝条中的 N 含量呈上升趋势,而 CK、N1、N2 和 N3 则相反,这可能是由于在苹果生长后期低 N 肥处理 N 素养分供应量不足所致。

表 3 不同 N 肥用量对不同采样时期红富士苹果新生枝条中 N 含量的影响

Table 3 Effect of N rates on N concentration in new branches at different growth stages

g/kg

处理 Treatment	新生枝条中 N 含量 N concentration in new branches of apple					
	04-29	05-29	06-29	07-29	08-29	平均 Average
CK	2.6 a	1.6 a	3.2 a	3.6 a	1.6 a	2.5
N1	2.8 a	2.3 a	4.7 a	4.2 a	3.5 b	3.5
N2	2.6 a	2.3 a	5.9 b	4.8 a	4.2 b	4.0
N3	2.7 a	2.5 a	6.0 b	5.9 b	5.6 b	4.5
N4	3.1 a	3.1 ab	8.0 c	6.5 b	6.7 c	5.5
N5	3.0 a	3.2 ab	7.8 c	6.8 b	7.3 c	5.6

2.4 N 肥用量与不同采样时期新生枝条中 N 含量的相关性分析

对不同采样时期 N 肥用量与苹果新生枝条中 N 含量进行相关分析,结果如表 4 所示。表 4 表明,除 04-29 外,5—8 月新生枝条中的 N 含量与 N 肥用量间具有显著或极显著的二次曲线相关关系,建议以 6—8 月苹果新生枝条中的 N 含量作为判断 N 肥供应水平高低的依据。

表 4 N 肥用量(x)与不同采样时期新生枝条中 N 含量(y)的相关关系

Table 4 Relationship between N rates(x) and N concentration in apple new branches(y) at different growth stages

采样时间 Date	抛物线方程 Parabolic equation	相关系数(r^2) Correlation coefficient
04-29	$y = -0.003\ 1x^2 + 0.023\ 9x + 0.258\ 9$	0.699 4
05-29	$y = -0.010\ 1x^2 + 0.076\ 3x + 0.183\ 2$	0.908 3 *
06-29	$y = -0.039\ 6x^2 + 0.276\ 5x + 0.366\ 5$	0.948 1 * *
07-29	$y = -0.025\ 9x^2 + 0.187\ 1x + 0.372\ 4$	0.981 2 * *
08-29	$y = -0.042\ 3x^2 + 0.306\ 2x + 0.222\ 7$	0.960 0 * *

3 结 论

1)施用 N 肥明显增加了红富士苹果叶片中的 N 含量,但苹果叶片 N 含量并不会随着 N 肥用量的倍增而相应增加,反映出随着 N 肥用量的增加其利用效率却有所下降。

2)5—8 月,N 肥用量与苹果叶片中的 N 含量之间呈显著或极显著的相关关系。故 5—8 月苹果叶片中 N 含量可以作为苹果树 N 素养分供应情况诊断的依据,且以 8 月为最佳采样时期,但考虑到诊断结果对果树营养补充的有效性,应该从 5 月开始采样,越早越好。

3)在 4 月和 5 月,施用 N 肥未能显著增加新生枝条中的 N 含量,而在 6—8 月,当施 N 量达到 1.2 kg/株以上时才能显著增加新生枝条中 N 的含量,且以 8 月的增加幅度最大。此外,新生枝条中的 N 含量在苹果树不同生育阶段及各 N 肥处理间的变化幅度均较大,故在营养诊断研究中不能仅以新生

枝条作为采样对象。

4)5—8 月,苹果新生枝条中的 N 含量与 N 肥用量间具有显著或极显著的相关关系,可以将其作为判断苹果树 N 肥供应水平高低的依据。

[参考文献]

[1] 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,2002,33(1):96-100.
Li W Q,Zhang M,Shu H R. The physiological effects of nitrogen on fruit trees [J]. Journal of Shandong Agricultural University,2002,33(1):96-100. (in Chinese)

[2] Tagliavini M,Millard P,Quartieri M. Storage of foliar-absorbed nitrogen and remobilization for spring growth in young nectarine (*Prunus persica* var. *nectarina*) trees [J]. Tree Physiol, 1998,18:203-207.

[3] Titus J S,Kang S. Nitrogen metabolism,translocation and recycling in apple trees [J]. Hort Rev,1982,4:204-246.

[4] Weinbaum S A,Klein I,Broadbent F E, et al. Effects of time of nitrogen application and soil texture on the availability of so-topically labelled fertilizer nitrogen to reproductive and vegetative growth of mature almond trees [J]. J Amer Soc Hort Sci, 1984,109:339-343.

[5] Millard P. Ecophysiology of the internal cycling of nitrogen for tree growth [J]. J Plant Nutr Soil Sci,1996,159:1-10.

[6] Jones J B. Plant nutrition manual [M]. Washington DC: CRC Press,1998:149.

[7] 全月澳,周厚基. 果树营养诊断法 [M]. 北京:中国农业出版社,1982.
Tong Y A,Zhou H J. Diagnosis methods of fruit tree nutrition [M]. Beijing: Agriculture Publish Press of China, 1982. (in Chinese)

[8] Neilsen D,Parchomchuk P,Neilsen G H,et al. Using soil solution monitoring to determine the effects of irrigation management and fertigation on nitrogen availability in high-density apple orchards [J]. J Amer Soc Hort Sci,1998,123:706-713.

[9] 彭福田,姜远茂. 不同产量水平苹果园氮磷钾营养特点研究 [J]. 中国农业科学,2006,39(2):361-367.
Peng F T,Jiang Y M. Characteristics of N,P, and K nutrition in different yield level apple orchards [J]. Scientia Agricultura Sinica,2006,39(2):361-367. (in Chinese)

[10] Shear C B,Faust M. Analysis on the nutrient element in leaf

samples of fruit tree [J]. Horticulture Reviews, 1984, 6: 42-63.

[11] Award M, Kenworthy A L. Clone rootstocks, scion variety and time of sampling influence on apple leaf composition [J]. Proc Amer Soc Hort Sci, 1983, 83: 68-73.

[12] Poling B, Oberly G H. The influences of apple cultivars on the mineral element composition of mid-shoot leaves [J]. Horticulture Science, 1977, 12(4): 40-41.

[13] 李港丽, 苏润宇, 沈 隽. 几种落叶果树叶内矿质元素含量标准值的研究 [J]. 园艺学报, 1987, 14(2): 81-89.
Li G L, Su R Y, Shen J. Studies on the nutritional ranges in some deciduous fruit trees [J]. Acta Horticulturae Sinica, 1987, 14(2): 81- 89. (in Chinese)

[14] 安贵阳, 范崇辉, 杜志辉, 等. 苹果叶营养元素含量的影响因素分析 [J]. 园艺学报, 2006, 33(1): 12-16.
An G Y, Fan C H, Du Z H. Analysis of effective factors of nutrient content in apple leaves [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2006, 33(1): 12-16. (in Chinese)

[15] 李辉桃, 周建斌, 郑险峰, 等. 旱地红富士苹果园土壤营养诊断和施肥 [J]. 干旱地区农业研究, 1996, 14(2): 45-50.
Li H T, Zhou J B, Zheng X F, et al. Nutrient diagnosis and fertilization in soils in Fuji apple orchards in rainfed land [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 1996, 14(2): 45-50. (in Chinese)

[16] 安贵阳, 史联让, 杜志辉, 等. 陕西地区苹果叶营养元素标准范围的确定 [J]. 园艺学报, 2004, 31(1): 81-83.
An G Y, Shi L R, Du Z H, et al. Studies on the standard range of apple leaf nutritional elements in Shaanxi province [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2004, 31(1): 81-83. (in Chinese)

[17] Zhai H, Guo L, Yao Y, et al. Review of the Chinese apple industry [J]. Acta Horticulturae, 2008, 772: 191-194.

[18] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
Bao S D. Soil and agrochemistry analysis science [M]. Beijing: Agriculture Publish Press of China, 2000.

[19] 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.
Fan H Z, Tong Y A, Lü S H, et al. Annual change of nitrogen content and accumulation in apple tree [J]. Soil and Fertilizer Sciences in China, 2008(4): 15-17. (in Chinese)

[20] Lai L H, Raba R. Accumulation of macro-and micronutrients and nitrogen demand-supply relationship of ‘Gala’/‘Malling 26’ apple trees grown in sand culture [J]. J Amer Soc Hort Sci, 2009, 134(1): 3-13.

[21] Kenworthy A L, Walsh L M. Soil testing and plant analysis [M]. Madison, Wisconsin, USA: Soil Sci Soc Amer, 1973: 381-392.

(上接第 196 页)

[25] 李 鹏, 李占斌, 澹台湛. 黄土高原退耕草地植被根系动态分布特征 [J]. 应用生态学报, 2005, 16(5): 849-853.
Li P, Li Z B, Tan T Z. Dynamic distribution characters of herbaceous vegetation root systems in abandoned grasslands of Loess Plateau [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16(5): 849-853. (in Chinese)

[26] 李 鹏, 李占斌. 黄土高原天然草地根系主要参数的分布特征 [J]. 水土保持研究, 2003, 10(1): 144-145, 149.
Li P, Li Z B. Root distribution characteristics of natural grassland on Loess Plateau [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2003, 10(1): 144-145, 149. (in Chinese)

[27] 薛 薇. SPSS 统计分析方法及应用 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2006: 301-325.
Xue W. SPSS statistical analysis and application [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2006: 301-325. (in Chinese)