

# 不同施肥期沾化冬枣对<sup>15</sup>N的吸收、分配及利用特性

张进<sup>1,2</sup> 姜远茂<sup>2\*</sup> 束怀瑞<sup>2</sup> 赵登超<sup>2</sup> 张序<sup>2</sup> 刘文娥<sup>3</sup> 吴良欢<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> 浙江大学环境与资源学院, 环境修复与生态健康教育部重点实验室, 杭州 310029; <sup>2</sup> 山东农业大学园艺科学与工程学院, 泰安 271018; <sup>3</sup> 山东滨州冬枣研究院, 滨州 256600)

**摘要:** 盆栽条件下利用<sup>15</sup>N示踪技术, 研究不同时期施<sup>15</sup>N-尿素, 对沾化冬枣<sup>15</sup>N的吸收利用及分配特性的影响。结果表明: 生长季前期(萌芽前和花前)施用<sup>15</sup>N-尿素, 经根系吸收后,<sup>15</sup>N优先分配到贮藏器官(包括主干、多年生枝和粗根)中, 然后外运用于树体新生器官(包括枣吊及其叶片、新生营养枝、细根及果实)的形成, 果实采收后<sup>15</sup>N开始向贮藏器官回流; 果实硬核期<sup>15</sup>N直接用于树体营养生长和生殖生长, 而不是先贮藏再利用; 果实速长期<sup>15</sup>N优先向贮藏器官中积累; 萌芽前施<sup>15</sup>N在树体内的运转规律符合落叶果树贮藏N营养分配规律, 优先转运到生长中心。随着施肥期的后延, 植株对<sup>15</sup>N-尿素的当季利用率逐渐下降。

**关键词:** 枣; <sup>15</sup>N; 施肥期; 分配; 运转

**中图分类号:** S 665.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2005) 02-0288-04

## Characteristics of Absorption, Distribution and Utilization of 'Zhanhua Dongzao' Jujube to <sup>15</sup>N in Different Fertilizer Application Stages

Zhang Jin<sup>1,2</sup>, Jiang Yuamao<sup>2\*</sup>, Shu Huairui<sup>2</sup>, Zhao Dengchao<sup>2</sup>, Zhang Xu<sup>2</sup>, Liu Wen'e<sup>3</sup>, and Wu Lianghuan<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> College of Environmental and Resource Sciences, Ministry of Education Key Lab of Environmental Remediation and Ecosystem Health, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China; <sup>2</sup> College of Horticultural Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Taian 271018, China; <sup>3</sup> Shandong Binzhou Research Institute of Dongzao Jujube, Binzhou 256600, China)

**Abstract:** The technique of isotope <sup>15</sup>N-labelled urea is used to study the characteristics of <sup>15</sup>N absorption, partition and translocation of 'Zhanhua Dongzao' jujube in different fertilizer application stages under the potted condition. The results showed that: Fertilized before sprout and before full-bloom, <sup>15</sup>N absorbed by the root was distributed preferentially to the storage organs (including the trunk, the perennial spurs and the large root), then was transported to the use of the new organs construction (including the deciduous spur and its leaf, the neonatal branches, the fine root and the fruit), and after fruit harvest <sup>15</sup>N was started to circulate to storage organs again. Fertilized during fruit core-hardening, <sup>15</sup>N was transported not directly to the storage organs, but to the reproductive organs and nutritional organs. And fertilized during fruit rapid growth, <sup>15</sup>N was distributed firstly and preferentially to the storage organs. When <sup>15</sup>N-urea was fertilized before sprout in jujube trees the rule that <sup>15</sup>N was translocated firstly to the growth center was in accordance with storage N distribution rule of deciduous fruit trees. And with the delay of <sup>15</sup>N-urea application stage, <sup>15</sup>N utilization rate of the plant decreased gradually.

**Key words:** Jujube; <sup>15</sup>N; Fertilizer application stage; Distribution; Translocation

## 1 目的、材料与方法

果树对氮的吸收分配存在较大差异, 不同时期追施氮肥效果也不同<sup>[1~5]</sup>。沾化冬枣 (*Ziziphus*

收稿日期: 2004-05-18; 修回日期: 2004-08-30

基金项目: 山东省博士后基金项目 (02-23035); 国家自然科学基金项目 (30370838); 农业部 '948' 项目 (2003-Z53)

\*通讯作者 Author for correspondence (E-mail: ymjiang@sdau.edu.cn)

*jujuba* Mill var *inermis* ‘Zhanhua Dongzao’) 果实采收晚, 养分回流时间短, 整个生长季营养生长与生殖生长对贮藏养分的竞争十分激烈。生产上关键物候期追施 N 肥的效应尚未见报道。为此, 我们利用<sup>15</sup>N 示踪技术研究了不同时期施<sup>15</sup>N - 尿素沾化冬枣对<sup>15</sup>N 的吸收、分配及利用特性, 以期生产上科学施肥提供理论依据。

试验在山东滨州冬枣研究院试验田进行, 试材为 4 年生沾化冬枣/金丝小枣。选树势基本一致、无病虫害的树, 于 2002 年秋植株落叶后带土移植于塑料盆 (直径 50 cm、高 40 cm, 装风干土 24.0 kg/盆) 内, 每盆 1 株, 然后埋于土中。盆中土壤理化性状 (2003 年 3 月测定): pH 8.0, 有机质 0.95%, 碱解氮 50.34 mg/kg, 速效磷 ( $P_2O_5$ ) 30.97 mg/kg, 速效钾 ( $K_2O$ ) 50.65 mg/kg。

试验于 2003 年进行, 设萌芽前 (4 月 2 日)、花前 (5 月 16 日)、果实硬核期 (8 月 1 日) 和果实速长期 (9 月 1 日) 4 个时期分别土施丰度 10.22% 的<sup>15</sup>N - 尿素 (上海化工研究院生产) 3 g/株, 同时施入普通尿素 7 g,  $KH_2PO_4$  10 g, 1 株为 1 个重复, 重复两次。其他处理施肥时期每株只施普通尿素 10 g,  $K_2H_2PO_4$  10 g。施肥后立即浇水。进行常规田间管理。分别在盛花期 (6 月 11 日)、果实速长期 (9 月 1 日) 和果实采收后 (10 月 5 日, 9 月 25 日果实白熟期采果) 采集样品。

每处理取两株, 解析为粗根 (直径 >0.2 cm)、细根 (直径 <0.2 cm)、枝干 (分离皮层与木质部)、新梢、枣吊、叶片和果实等, 两株样品混在一起剪碎, 然后在 105~110℃ 杀青 30 min, 80℃ 烘干, 用不锈钢电磨粉碎后过 0.25 mm 筛, 样品装袋暂存待测。

全 N 用凯氏定氮法测定, <sup>15</sup>N 丰度及全<sup>15</sup>N 含量在中国农业科学院原子能研究所用 MAT-251 质谱仪测定。

## 2 结果分析与讨论

### 2.1 不同施肥时期植株对<sup>15</sup>N 的当季利用率

萌芽前施<sup>15</sup>N - 尿素植株对<sup>15</sup>N 的吸收利用率最高; 其次是花前施的; 果实速长期施的最低 (表 1)。可见, 随着施肥期的延后, 植株对<sup>15</sup>N - 尿素的吸收利用率呈下降趋势。这可能与<sup>15</sup>N 由土壤转移到植株体内需要一段时间有关。采样时可能尚有很多<sup>15</sup>N 未被根系吸收, 采果后乃至翌年春天可能仍会有一定的<sup>15</sup>N 将被吸收。

不同时期施<sup>15</sup>N - 尿素, 植株对其的利用率均是在果实速长期达最大值, 果实采收后有所降低 (表 1)。采果后植株对<sup>15</sup>N 肥的利用率有所下降与果实采收后枣叶尤其是枣吊叶片迅速衰老, 部分开始脱落, 树体吸收的<sup>15</sup>N 随叶片脱落部分损失有关。

### 2.2 不同施肥期<sup>15</sup>N 对植株各器官全 N 的贡献率

由表 2 可见, 盛花期 (6 月 11 日) 花及叶片是生长中心, 萌芽前施<sup>15</sup>N 肥优先分配到树体生长中心, 用于新生器官 (花、叶、枣吊及新梢) 形态建造; 而花前施<sup>15</sup>N 肥优先分配到根系和主干中, 即优先积累到贮藏器官中。

果实速长期 (9 月 1 日), 萌芽前施<sup>15</sup>N 肥依然优先向生殖生长中心果实中分配; 花前施主要分配到地上生长中心, 用于新生器官形态建成; 而硬核期施优先分配到细根和当年生营养枝中去。前人<sup>[6]</sup>在苹果上的研究也表明, 春季施 N 主要供给新生器官生长, 夏季施 N 主要供给根系与枝条生长。

果实采收后 (10 月 5 日), 萌芽前施<sup>15</sup>N 肥则开始向根系等贮藏器官回流; 花前施在营养器官中的分配势 (N<sub>dff</sub>, %) 依然较强, 但正开始向贮藏器官中回流; 果实硬核期施也开始向根系和枝条中回流; 而果实速长期在新生器官中的分配势 (N<sub>dff</sub>, %) 较强。

表 1 不同时期施<sup>15</sup>N - 尿素植株当季利用率

Table 1 <sup>15</sup>N-urea utilization rate in jujube tree in

different fertilizer phases (%)

采样时期 Sampling date (M-D)	施肥时期 Date of fertilizer application (M-D)			
	04 - 02	05 - 16	08 - 01	09 - 01
06 - 11	6.76	4.13	-	-
09 - 01	19.38	17.70	16.86	-
10 - 05	15.64	11.02	10.03	9.66

注: 表中数据为两样株的平均值。下同。

Note: Data in the Table was the data of two mixed sampling jujubes. The followings were same to Table 1.

表 2 不同时期施<sup>15</sup>N肥植株各器官 N分配势 (Ndff)

Table 2 Ndff in plant organs in different fertilizer phases

(%)

采样日期 Sampling date (M-D)	施肥时期 Fertilizer phases	主干 Trunk		多年生枝 Perennial spur				当年生枝 Neonatal branch				果实 Fruit	根系 Root	
		木质部 Xylem	皮层 Cortex	木质部 Xylem	皮层 Cortex	枣吊 duous	枣吊叶片 spur Leaf	木质部 Xylem	皮层 Cortex	新梢 New shoot	新梢叶片 Leaf		粗根 Large root	细根 Fine root
06 - 11	04 - 02	5.14	4.60	5.44	4.86	6.93	7.43*	-	-	6.73	7.18*	-	6.10	4.58
	05 - 16	4.76	3.92	4.22	3.96	4.43	4.39*	-	-	-	-	-	4.42	5.31
09 - 01	04 - 02	5.82	5.64	5.97	5.64	7.01	7.86	7.30	7.61	7.74	8.06	8.45	6.04	7.53
	05 - 16	5.22	4.92	5.45	5.36	6.60	6.63	6.19	6.31	6.57	6.66	6.58	5.16	5.90
	08 - 01	7.30	6.83	7.61	7.21	8.27	7.31	8.58	7.62	8.47	8.17	7.41	8.18	10.64
10 - 05	04 - 02	6.03	5.78	5.85	6.03	6.14	5.75	6.09	5.99	6.31	5.91	6.38	6.34	7.23
	05 - 16	4.94	5.12	6.19	5.24	5.94	6.41	5.73	5.68	6.19	6.42	6.04	4.96	5.92
	08 - 01	4.61	4.23	4.43	4.39	5.04	5.18	4.54	4.41	5.10	5.00	4.83	5.06	5.61
	09 - 01	4.85	4.83	4.96	5.03	5.61	5.73	5.41	5.59	5.66	5.68	5.32	4.78	5.25

\* 枣花很小,盛花期采样时和叶片混在一起。

\* The jujube flower is little and it was gathered with leaf at full-bloom sampling

### 2.3 不同时期施肥肥料<sup>15</sup>N在树体各器官的分配

将枣树的主要结果枝 (枣吊及叶片)、花和果实划为生殖器官类,主干、多年生枝、枣股 (由于其形态很小,采样时与多年生枝合为一个样品)和粗根划为贮藏器官类,当年生营养枝和细根划为营养器官类。不同施肥时期<sup>15</sup>N在植株各器官间的分配见表 3。

表 3 不同时期施肥<sup>15</sup>N在各器官中的分配率Table 3 Partition rate of <sup>15</sup>N-urea in organs of plant in different fertilizer phases

(%)

采样时期 Sampling date (M-D)	贮藏器官 Storage organs (M-D)				营养器官 Nutrition organs (M-D)				生殖器官 Production organs (M-D)			
	04 - 02	05 - 16	08 - 01	09 - 01	04 - 02	05 - 16	08 - 01	09 - 01	04 - 02	05 - 16	08 - 01	09 - 01
06 - 11	52.14	78.9	-	-	12.99	3.39	-	-	34.86	17.66	-	-
09 - 01	40.86	45.88	31.18	-	24.09	33.44	47.85	-	24.09	20.68	20.97	-
10 - 05	46.78	49.32	52.16	55.13	32.31	40.09	34.24	34.28	20.91	10.59	13.80	10.19

结果表明,盛花期 (06 - 11)测定,冬枣萌芽前和花前施肥,<sup>15</sup>N均优先分配到贮藏器官中;花前施<sup>15</sup>N主要积累在贮藏器官中,而萌芽前施<sup>15</sup>N肥树体吸收积累到贮藏器官中的<sup>15</sup>N此时已经部分外运用于植株生殖生长和营养生长。前人在苹果<sup>[7,8]</sup>和梨树<sup>[9]</sup>上的研究表明,生长季前期树体主要依赖贮藏营养,而冬枣前期 (萌芽前和花前)施肥,肥料<sup>15</sup>N均是先贮藏再分配,这与冬枣果实采收晚,养分回流时间短,贮藏营养不足以满足其前期营养生长和花芽分化对养分的需求有关,冬枣前期施肥与其贮藏氮营养的关系值得进一步研究。

在果树速长期 (09 - 01)测定,前期施的<sup>15</sup>N已经由贮藏器官外运用于树体生殖生长和营养生长。果实硬核期施的<sup>15</sup>N,在树体内分配到贮藏器官中的量仅为 31.18%,而分配到营养和生殖器官中的量达 68.82% (表 3)。由此可见,果实硬核期施<sup>15</sup>N肥,植株吸收的<sup>15</sup>N不再先分配到贮藏器官中,而是直接用于树体营养生长和生殖生长。表明此期施肥,已经过了果树营养转换期即果树由主要利用贮藏营养阶段已经转到了主要利用当年生枝营养阶段。

在果实采收后 (10 - 05)测定,果实采收后植株吸收的<sup>15</sup>N在树体内又开始向贮藏器官回流 (表 3)。表明,果实采收后冬枣开始进入氮素营养贮备期。

通过不同时期施<sup>15</sup>N - 尿素的肥料效应,可将沾化冬枣氮素营养划分为 3 个阶段:第 1 个阶段从植株萌芽到果实速长期前,此期持续时间长,需氮量大,氮主要来源于树体贮藏氮 (及吸收后补充到贮藏器官中的氮)营养;第 2 个阶段从果实速长期到果实采收期,此期植株根系仍在生长,新生枝加粗老化,果实继续分裂生长,需稳定少量的供给氮;第 3 个阶段是果实采收后,树体内的氮回流到贮藏器官或吸收氮后积累在贮藏器官中。这与顾曼如等<sup>[7]</sup>对苹果和 Conradie<sup>[10]</sup>对葡萄氮素营养阶

段的划分是不同的。沾化冬枣对贮藏氮营养要求高, 利用当年肥料氮的阶段短。

因此生产上, 建议冬枣萌芽前要土施一定量的氮肥; 盛花前施氮肥要注意量, 尽量少施; 果实硬核期可以不施氮; 在果实速长期施氮肥有利于提高树体贮藏氮营养水平。但关于各个时期适宜施肥量的问题有待深入研究。

#### 参考文献:

- 1 顾曼如, 束怀瑞, 周宏伟. 苹果氮素营养研究 M. 贮藏<sup>15</sup>N的运转、分配特性. 园艺学报, 1986, 13 (1): 25~30  
Gu M R, Shu H R, Zhou H W. A study on the nitrogen nutrition of apple trees - The characters of translocation and distribution of the reserved <sup>15</sup>N. Acta Horticulturae Sinica, 1986, 13 (1): 25~30 (in Chinese)
- 2 郝中宁, 曾 骧. 秋季叶施尿素及乙烯利对枣树贮藏氮素的影响. 园艺学报, 1991, 18 (2): 102~106  
Hao Z N, Zeng X. Effects of foliar spray of urea and ethephon in autumn on nitrogen storage and reutilization in jujube trees. Acta Horticulturae Sinica, 1991, 18 (2): 102~106 (in Chinese)
- 3 韩振海, 曾 骧, 王福钧. 晚秋叶施尿素和生长调节剂对富士苹果幼树贮藏氮素的影响. 园艺学报, 1992, 19 (1): 15~21  
Han Z H, Zeng X, Wang F J. Effects of foliar spray application of <sup>15</sup>N-urea and several PGR on N storage and reuse in apple. Acta Horticulturae Sinica, 1992, 19 (1): 15~21 (in Chinese)
- 4 管长志, 曾 骧, 孟昭清. 巨峰葡萄晚秋叶施<sup>15</sup>N-尿素的吸收、运转、贮藏和再分配. 园艺学报, 1993, 20 (3): 237~242  
Guan C Z, Zeng X, Meng Z Q. Effect of autumn foliar application <sup>15</sup>N-urea on absorption, translocation, storage and redistribution of fertilizer N in 'Kyoho' Grapevine. Acta Horticulturae Sinica, 1993, 20 (3): 237~242 (in Chinese)
- 5 Williams R R. The effect of summer nitrogen applications on the quality of apple blossom. J. Hort. Sci., 1965, 40: 31~41
- 6 束怀瑞. 果树栽培生理学. 北京: 农业出版社, 1993. 74~94  
Shu H R. Fruit Cultivated Physiology. Beijing: China Agricultural Press, 1993. 74~94 (in Chinese)
- 7 顾曼如, 张若杼, 束怀瑞, 黎文文, 黄化成. 苹果氮素营养研究初报 - 植株中氮素营养的年周期变化特性. 园艺学报, 1981, 8 (4): 21~28  
Gu M R, Zhang R Z, Shu H R, Li W W, Huang H C. A study on the nitrogen nutrition of apple trees - The variation of nitrogen nutrition within the plant in a year's cycle. Acta Horticulturae Sinica, 1981, 8 (4): 21~28 (in Chinese)
- 8 束怀瑞, 顾曼如, 黄化成, 周宏伟, 温传富, 翟 衡, 苏荣存. 苹果氮素营养研究 - 施氮效应. 山东农学院学报, 1981, (2): 21~31  
Shu H R, Gu M R, Huang H C, Zhou H W, Wen C F, Zhai H, Su R C. A study on the nitrogen nutrition of apple trees - Effect of nitrogen fertilizer application. Journal of Shandong Agricultural College, 1981, (2): 21~31 (in Chinese)
- 9 Sanchez E E, Righetti T L, Sugar D. Seasonal differences and soil texture alter uptake of newly absorbed nitrogen in field-grown pear trees. Journal of Horticultural Science, 1990, 65: 395~400
- 10 Conradie W J. Translocation and storage of nitrogen by grapevines as affected by time of application. In: Proceedings of international symposium on nitrogen in grapes and wine. Seattle: Estados Unidos, 1991. 101~111

#### 新书推荐

### 《英汉生物学词汇》(第二版)

本书是《英汉生物学词汇》1983年版的增修订本, 是一部综合生物学各分支学科词汇的大型工具书。收有动物学、植物学、人体解剖学、组织胚胎学、微生物学、遗传学、细胞学、生物化学、生物物理学、时间生物学、生物工程、分子生物学、生态学等学科以及医学、农学的词汇, 共约 130 000条。定价: 99元 (含邮费)。

### 《英汉园艺学词典》 章文才主编

该词典共收集专业词汇约两万条, 按照全、新、准、精的收词原则, 收录了园艺科学的基本词汇和与园艺科学有密切联系的基础科学和边缘科学词汇, 其中从现代外文书刊中摘录的拼合新词约 100多条。为了便于检索, 本词典将主要的果树、蔬菜、花卉种名, 按植物属分类汇编。可供我国园艺界的教学、科研、生产方面的专业人员和广大园艺工作者参考使用。定价: 23元 (含邮费)。

购书者请通过邮局汇款至北京中关村南大街 12号中国农科院蔬菜花卉所《园艺学报》编辑部, 邮编 100081。