植物营养与肥料学报 2005,11(3):420-423
Plant Nutrition and Fertilizer Science

沾化冬枣对春施氮肥的吸收、分配及利用特性

张 进[1,2], 姜远茂[2*], 赵登超[2], 张 序[2], 刘文娥[3], 吴良欢[1]
(1 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,浙江杭州 310029;
2 山东农业大学园艺科学与工程学院,山东泰安 271018;3 山东滨州冬枣研究院,山东滨州 256600)

Characteristics of absorption, distribution and utilization of *Zizyphus jujuba* Mill. var. *inermis* Zhanhua-Dongzao to ^{15}N-urea fertilized in spring

ZHANG Jin[1,2], JIANG Yuan-mao[2*], ZHAO Deng-chao[2], ZHANG Xu[2], LIU Wen-e[3], WU Liang-huan[1]
(*1 College of Envir. and Resour. Sci., Zhejiang Univ., Ministry of Education Key Lab. of Environmental Remediation and Ecosystem Health Hangzhou 310029, China; 2 College of Hort. Sci. and Engin., Shandong Agric. Univ., Taian 271018, China; 3 Shandong Binzhou Res. Inst. of Winter-date Jujube, Bizhou 256600, China*)

中图分类号: S665.106　　**文献标识码**: A　　**文章编号**: 1008-505X(2005)03-0420-04

沾化冬枣(*Ziziphus jujuba* Mill. var. *inermis* Zhanhua-Dongzao.)具有抗盐碱、耐瘠薄的特点,是山东滨海盐碱地上栽种的主要经济林树种之一。迄今关于冬枣的研究多集中在品种特性介绍[1-3]和贮藏保鲜等方面[4-7],有关冬枣栽培基础理论方面的研究很少。春季施氮肥是冬枣常用的技术措施,但其施氮效果报道不多。为此,利用^{15}N示踪技术研究了春季施^{15}N-尿素后沾化冬枣对^{15}N的吸收、分配及利用特性,以期为生产上科学施肥提供依据。

1 材料与方法

试验于2003年春季在山东滨州冬枣研究院试验田进行。试材为4年生初果期沾化冬枣,砧木为金丝小枣(*Z. jujuba* Mill. var. *inermis* Jinsixiaozao.)。2002年秋枣树落叶后选生长势基本一致、无病虫害的树带土移植于直径50cm、深40cm,装风干土24.0 kg的塑料盆内,每盆一株。盆栽土壤pH 8.00,有机质9.50 g/kg,碱解氮50.34 mg/kg,速效磷30.97 mg/kg,速效钾50.65 mg/kg。

试验设萌芽前(4月2日)、盛花前(5月16日)两个施肥时期,每个处理1株,2次重复。所用^{15}N-尿素丰度为10.22%(上海化工研究院生产),每株土施3 g,同时施入普通尿素7 g,KH_2PO_4 10 g。施肥后立即浇水,常规田间管理。分别在幼叶期(5月5日)、盛花期(6月10日)、果实速长期(9月1日)和果实采收后(10月5日)采样分析。

植株采样后,分粗根(直径>0.2cm)、细根(直径≤0.2cm)、枝干(分离皮层与木质部)、新梢、枣吊、叶片和果实等部位,样品混和剪碎,105~110℃杀青30min,80℃烘干,用不锈钢电磨粉碎,过0.25mm筛供分析。全N用凯氏定N法测定,^{15}N丰度及全^{15}N在中国农业科学院原子能利用研究所用MAT-251质谱仪测定。

2 结果与分析

2.1 春季施^{15}N-尿素植株对^{15}N的当季利用率

表1看出,沾化冬枣萌芽前和盛花前施^{15}N-尿素,植株对^{15}N的当季利用率均在果实速长期(9月1日)达到最高,且萌芽前施,不同时期植株对^{15}N的当季利用率均较盛花前施的高。可见,春施氮肥主要在冬枣果实生长发育期间被大量吸收利用,这与Peacock等[8]在葡萄上及Sanchez等[9]在梨上的研究结果一致。采果后植株对^{15}N的利用率则有所下降,这与果实采收后枣叶尤其是枣吊叶片迅速衰老,部

收稿日期: 2004-06-16　　**修改稿收到日期**: 2004-08-19
基金项目: 山东省博士后基金项目(02-23035);国家自然科学基金(30370838);农业部948项目(2003-Z53)资助。
作者简介: 张进(1979—),男,山东兖州人,博士研究生,主要从事植物营养方面研究。* 通讯作者

分开始脱落，树体吸收的^{15}N随叶片脱落部分损失有关。

表 1　萌芽前和盛花前施肥植株对^{15}N的当季利用率(%)

Table 1　^{15}N recovery rate of jujube fertilized before sprout and before full bloom

施肥期（日/月）Fertilization time (d/mon)	采样时期（日/月）Sampling time(d/mon)			
	5/5	10/6	1/9	5/10
2/4	2.42	6.76	19.38	15.64
16/5	—	4.13	17.70	11.02

2.2　春季施肥^{15}N在植株各器官的 Ndff%

器官的 Ndff%是指植株器官从肥料^{15}N中吸收分配到的^{15}N量对该器官全 N 量的贡献率，它反映了植株器官对肥料^{15}N的吸收征调能力[10]。本试验结果(表 2)表明，在幼叶期(5 月 5 日)测定，萌芽前施^{15}N-尿素，以细根中的 Ndff%最高，其次为主干木质部和粗根。可见，萌芽前施^{15}N-尿素，在幼叶期植株吸收的^{15}N优先积累在枝干和根系中，分配到新生器官中的^{15}N对其全 N 的贡献率较低。

盛花期(6 月 10 日)测定，萌芽前施^{15}N-尿素，以枣吊叶片和新梢叶片中的 Ndff%最高，其次为枣吊和新梢；而在盛花前施^{15}N-尿素，则以细根中的 Ndff%最高，主干木质部和粗根次之。说明萌芽前施^{15}N，盛花期植株所吸收的^{15}N主要分配供给花器官形态建造及开花；而盛花前施^{15}N，盛花期植株所吸收的^{15}N则优先积累在枝干和根系中。

表 2 还看出，果实速长期(9 月 1 日)测定，萌芽前施^{15}N-尿素，^{15}N在果实中的 Ndff%最高，新梢叶片和枣吊叶片其次；而盛花前施^{15}N，此期新生器官(包括枣吊及其叶片、新生营养枝、细根和果实)中的 Ndff%普遍高于贮藏器官(包括主干、多年生枝和粗根)，其中以新梢叶片和枣吊叶片中的 Ndff%最高。可见萌芽前和盛花前施^{15}N，到果实速长期植株吸收的^{15}N均主要分配到生长中心，果实中去。在果实采收后(10 月 5 日)测定，萌芽前施^{15}N-尿素，^{15}N在细根中的 Ndff%最高，粗根次之；而盛花前施^{15}N-尿素，^{15}N在枣吊叶片和新梢叶片中的 Ndff%较高，次为新梢和多年生枝木质部。表明萌芽前施^{15}N在采果后^{15}N开始向根系中积累；而盛花前施^{15}N，^{15}N在叶片中的分配率依然较高，但已开始向枝条中回流。

表 2　萌芽前和盛花前施^{15}N肥不同生育阶段冬枣各器官 Ndff%

Table 2　Ndff% in jujube organs at different growth stages fertilized before sprout and before full bloom

器官 Organs		生育阶段 Growth Stages (d/mon)						
		5/5	10/6		1/9		5/10	
		BS	BS	BF	BS	BF	BS	BF
主干 Trunk	木质部 Xylem	4.72	5.14	4.76	5.82	5.22	6.03	4.94
	皮层 Cortex	3.96	4.60	3.92	5.64	4.92	5.78	5.12
多年生枝 Perennial spur	木质部 Xylem	4.29	5.44	4.22	5.97	5.45	5.85	6.19
	皮层 Cortex	3.84	4.86	3.96	5.64	5.36	6.03	5.24
	枣吊 Deciduous spur	—	6.93	4.43	7.01	6.60	6.14	5.94
	枣吊叶片 Leaf	—	7.43*	4.39*	7.86	6.63	5.75	6.41
当年生枝 Neonatal branch	木质部 Xylem	—	—	—	7.30	6.19	6.09	5.73
	皮层 Cortex	—	—	—	7.61	6.31	5.99	5.68
	新梢 New shoot	—	6.73	—	7.74	6.57	6.31	6.19
	新梢叶片 Leaf	4.35	7.18*	—	8.06	6.66	5.91	6.42
	果实 Fruit	—	—	—	8.45	6.58	6.38	6.04
根系 Root	粗根 Large root	4.46	6.10	4.42	6.04	5.16	6.34	4.96
	细根 Fine root	5.08	4.58	5.31	7.53	5.90	7.23	5.92

* 花与叶混合样 Sample is flower and leaf mixed.

BS：萌芽前(4 月 2 日)施肥 Fertilization before sprout(2 Apr.)；BF：盛花前(5 月 16 日)施肥 Fertilization before full bloom (16 May).

2.3　春季施肥^{15}N在植株各器官的分配率

器官中^{15}N占全株^{15}N总量的百分率反映肥料^{15}N在树体内的分布及其在各器官间迁移的规律[11]。

幼叶期测定，萌芽前施^{15}N-尿素，^{15}N在树体内主要分配到贮藏器官，占植株吸收^{15}N总量的

79.61%，分配到生殖器官和营养器官中的^{15}N只有17.01%和3.38%(图1a)。说明萌芽前施^{15}N在幼叶期植株吸收的^{15}N优先积累在贮藏器官中。盛花期测定，萌芽前施^{15}N-尿素，^{15}N在树体内分配到贮藏器官中的量下降，而分配到生殖器官和营养器官中的^{15}N量则明显上升；而盛花前施^{15}N-尿素，^{15}N在营养和生殖器官中的分配率与萌芽前施^{15}N-尿素基本相同(图1a、b)。可见，萌芽前施^{15}N，幼叶期树体吸收积累在贮藏器官中的^{15}N已经部分外运用于植株的营养生长和生殖生长，表明萌芽前施^{15}N对冬枣花发育和开花的影响较大。

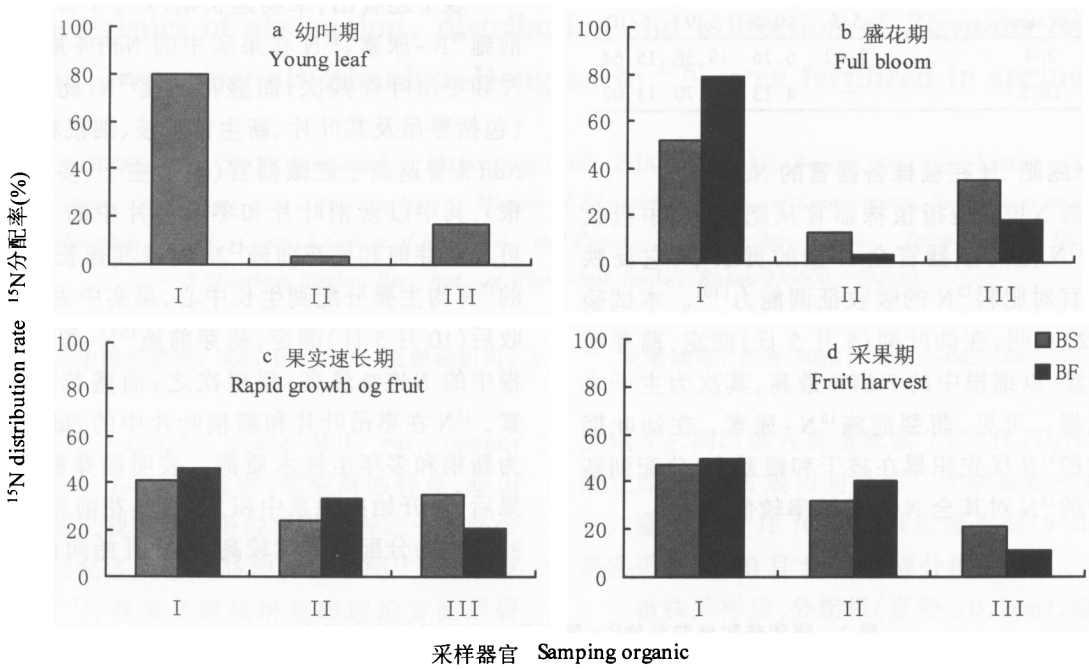

图1 萌芽前和盛花前施肥冬枣不同生育期各器官的^{15}N分配率(%)

Fig.1 ^{15}N distribution rate of jujube organs in various growth periods fertilized before sprout and before full bloom

(Ⅰ:贮藏器官，包括主干、多年生枝和粗根 Storage organs, including the trunk, the perennial branch and the large root)；Ⅱ:营养器官，包括新生营养枝和细根 Nutrition organs, including the neonatal branch and the fine root；Ⅲ:生殖器官，包括枣吊枝及其叶片、花和果实 Reproduction organs, including the deciduous spur and its leaves, the flower and the fruit；BS:萌芽前施肥 Fertilization before sprout；BF:盛花前施肥 Fertilization before full bloom)

在果实速长期，萌芽前施^{15}N-尿素，^{15}N在树体内分配到贮藏器官中的量较盛花期下降了11.25百分点，分配到营养器官中上升11.1个百分点。盛花前施^{15}N-尿素，^{15}N在树体内分配到贮藏器官中的量较盛花期下降了33.07个百分点，而营养器官的分配率上升了30.5个百分点(图1b、c)。表明冬枣春季(萌芽前和盛花前)施^{15}N-尿素，到果实速长期植株吸收积累在贮藏器官中的^{15}N已经外运用于树体生殖生长和营养生长。在果实速长期，萌芽前施^{15}N对果实的生长发育影响较大，而盛花前施^{15}N对树势的影响较大，但可能对果实的生长发育不利。果实采收后测定，萌芽前和盛花前施^{15}N-尿素，^{15}N在贮藏器官中的分配率比果实速长期均略有上升。说明采果后，春施^{15}N-尿素植株吸收的^{15}N在树体内开始向贮藏器官中回流，进入营养贮备期。

3 小结

由于冬枣果实采收晚，树体内养分回流时间短，贮藏氮营养不足以满足植株翌年早春枝叶生长和花芽分化需求，因此春季(萌芽前和盛花前)施^{15}N-尿素，在果实速长期前^{15}N优先分配到贮藏器官(包括主干、多年生枝和粗根)中，然后再向外运转用于树体新生器官(包括枣吊及其叶片、新生营养枝及叶片、细根和果实)形态建造；在果实速长期至果实采收期，根系吸收的^{15}N则是主要直接用于新生器官建造；在果实采收之后，根系吸收的^{15}N主要向贮藏器官中积累。但这与在苹果、梨上的研究结果[12-14]不同，其原因有待进一步研究。

本试验结果表明，萌芽前施^{15}N-尿素，^{15}N在树体内的分配运转随生长中心的转移而转移；而盛花前施^{15}N-尿素，^{15}N在树体内的分配基本上也随生长中心的转移而转移，但其分配规律性不如萌芽前施^{15}N明显，这与顾曼如等[11]在苹果上研究的贮藏氮的运转方向是随着生长中心的转移而转移的结论是一致的。沾化冬枣对贮藏N营养的要求较高，利用当年肥料氮营养的阶段较短。因此生产上建议在植株萌芽前要施一定量的氮肥，盛花前则要注意控制施肥量。本试验只是一年的结果，有待今后作进一步验证。

参 考 文 献：

[1] 郭继胜，陈美元．浅析鲁北冬枣[J]．中国果菜，2001 (1)：29.
Guo J S, Chen M Y. Analysis on Lubei dong jujube [J]. China Fruits and Vegetables, 2001 (1): 29.

[2] 王奎武．冬枣名称的来源及主要品种介绍[J]．山西果树，2000 (3)：21.
Wang K W. Originality of dong jujube and introduction of its main species[J]. Shanxi Fruits, 2000 (3): 21.

[3] 郭继胜，李连起，李炳华．鲁北冬枣及原产区生态条件的调查研究[J]．北方果树，1999 (6)：8-9.
Guo J S, Li L Q, Li B H. Research of biological condition on Lubei dong jujube [J]. Northern Fruits, 1999 (6): 8-9.

[4] 李红卫，冯双庆．冬枣采后果皮成分及氧化酶活性变化与乙醇积累机理的研究[J]．农业工程学报，2003，19(3)：165-168
Li H W, Feng S Q. Changes of composition and activity of oxidative enzymes in the pericarp and mechanism of ethanol accumulation in 'brumal jujube'[J]. Transactions of the CSAE, 2003, 19(3): 165-168.

[5] 薛梦林，张继澍，张平，王莉．减压对冬枣采后生理生化变化的影响[J]．中国农业科学，2003，36，(2)：196-200
Xue M L, Zhang J S, Zhang P, Wang L. Effect of hypobaric storage on physiological and biochemical changes of dong jujube fruit during cold storage[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2003, 36(2): 196-200.

[6] 康明丽，张平，马岩松，等．气体成分对冬枣细胞膜和贮藏品质的影响[J]．果树学报，2003，20(2)：112-115
Kang M L, Zhang P, Ma Y S *et al*. Effect of O_2 and CO_2 on postharvest cell membrane and storage quality of dongzao jujube[J]. Journal of Fruit Science, 2003, 20(2): 112-115.

[7] 吴延军，杨莉，王春生，张继澍．冬枣采后软化衰老研究[J]．中国农学通报，2003，19(3)：47-50.
Wu Y J, Yang L, Wang C S, Zhang J S. Research on the softening and senescence of the Chinese jujube fruit[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2003, 19(3): 47-50.

[8] Peacock W L, Christensen L P, Broadbent F E. Uptake, storage and utilization of soil-applied nitrogen by thompson seedless as affected by time of application[J]. Am. J. Enol. Viticult, 1989, 40:16-20.

[9] Sanchez E E, Righetti T L, Sugar D *et al*. Seasonal differences , soil texture and uptake of newly absorbed nitrogen in field-grown pear trees [J]. J. Hort. Sci, 1990, 65: 395-400.

[10] 顾曼如．^{15}N在苹果氮素营养研究中的应用[J]．中国果树，1990(2)：46-48
Gu M R. Application of ^{15}N on the nitrogen nutritional study in apple trees [J]. China Fruits, 1990(2): 46-48.

[11] 徐季娥，林裕益，吕瑞江，等．鸭梨秋施^{15}N-尿素的吸收与分配[J]．园艺学报，1993，20(2)：145-149.
Xu J E, Lin Y X, Lü R J *et al*. Study on the absorption and the distribution of ^{15}N labelled urea to 'Yali' pear trees following autumn application[J]. Acta Horticulturae Sinica, 1993, 20(2):145-149.

[12] Mochizuki T, Kamakura J. Studies on the nitrogen nutrition of apple trees. Ⅱ. The relationships between the time of nitrogen and its distribution among the parts of fruit bearing trees[J]. Bull. Fac. Agr. Hirosaki Univ. 1971, 17: 102-109

[13] 束怀瑞，顾曼如，黄化成，等．苹果N素营养研究．Ⅱ．施N效应[J]．山东农学院学报，1981 (2)：23-31.
Shu H R, Gu M R, Huang H C *et al*. A study of the nitrogen nutrition of apple tree(Ⅱ) Urea application effect[J]. J. of Shandong Agric. College. 1981 (2): 21-31.

[14] Sanchez E E, Righetti T L, Sugar D *et al*. Effects of timing of nitrogen application on nitrogen partitioning between vegetative, reproductive, and structural components of mature comice pears [J]. Hort. Sci., 1992, 67: 51-58