植物营养与肥料学报 2015,21(1):156-163
Journal of Plant Nutrition and Fertilizer doi: 10.11674/zwyf.2015.0117

不同养分供应方式对盆栽桃树生长及其氮素吸收、分配的影响

张守仕[1,2], 彭福田[1*], 齐玉吉[1], 李 勇[1]
(1 山东农业大学园艺科学与工程学院, 山东泰安 271018;
2 河南农业职业学院园艺园林系, 河南郑州 451450)

摘要:【目的】氮素分配随生长中心转移而转移,生长中心器官和非中心器官间差异较大。控释肥、滴灌施肥等技术在果园中的应用使果树养分稳定供应成为现实。研究等氮量施肥条件下不同养分供应方式对桃树生长及氮素吸收、分配的影响,探讨吸收的氮素在生长中心器官和非中心器官之间分配差异的原因,以期为桃树合理施肥提供依据。**【方法】**以1年生桃树幼苗为试材,利用沙培盆栽,设袋控缓释施肥(养分稳定供应,SS)和分次撒施施肥(养分非稳定供应,nSS)以及对照(不施大量元素, CK)3个处理,将桃树新梢按照在主干上着生位置分为上部和下部,调查分析施肥后不同时期桃树的生长状况;利用^{15}N同位素示踪技术研究不同养分供应方式对氮素吸收和上、下部新梢间分配的影响。**【结果】**SS处理后30 d、150 d桃树生物量分别为63.49 g/plant和160.74 g/plant,上、下部生物量之比分别为1.8和1.3,新梢长度分别为169.73 cm/plant和306.55 cm/plant,处理后150 d各处理之间生物量差异显著,新梢长度差异极显著。各处理新梢生物量在两次取样间隔内上部增量分别为对照42%、养分非稳定供应93%、养分稳定供应98%;下部增量分别为8%、45%和177%。在此期间上、下部新梢生物量的差异对照处理由5.0变化为6.6、养分非稳定供应处理由2.8变为3.7、养分稳定供应处理由1.8变为1.3。氮素吸收量随处理时间的推移逐渐增大,养分稳定供应处理在施肥后30 d、150 d分别为12.7 mg/plant和76.9 mg/plant,养分非稳定供应处理在施肥后30 d、150 d分别为4.0 mg/plant和27.3 mg/plant。处理后150 d的氮素利用率以养分稳定供应处理最高,达12.96%,养分非稳定供应处理只有4.6%。处理后150 d养分稳定供应处理和养分非稳定供应处理的上、下部梢叶氮素浓度、Ndff%(来自肥料中的氮占总氮的比率)、Ndff(来自肥料中的氮)差异极显著,各处理同一植株上、下部梢叶氮素浓度、Ndff% 相似。吸收氮素在上、下部新梢叶间分配的差异大,上、下部新梢叶间氮素分配之比养分稳定供应处理和养分非稳定供应处理分别为1.54和4.03。**【结论】**养分稳定供应下,桃树生长极性差异变小,氮素吸收量增多,氮素利用率高,氮素在生长中心器官和非中心器官间分配的差异变小,氮素分配差异受生物量的影响大。

关键词: 油桃; 养分稳定供应; 非稳定供应; 氮吸收; 氮分配
中图分类号: S662.1.601; S606^{+}.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-505X(2015)01-0156-08

Effects of different nutrition supply on growth, nitrogen uptake and partitioning of pot cultured nectarine

ZHANG Shou-shi[1,2], PENG Fu-tian[1*], QI Yu-ji[1], LI Yong[1]
(*1 College of Horticulture Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018, China;*
2 Department of Horticulture, Henan Vocational College of Agriculture, Zhengzhou 451450, China)

Abstract:【Objectives】 Nitrogen partitioning coordinates with growth center of fruit trees, obvious differences in the N partition exist between organs of growing center and non-growing center with traditional base plus dressing fertilizer method. Use of controlled release fertilizer and drip fertilization make a steady nutrition supply comes true. Effects of different nutrition supply methods on potted culture nectarine growth, nitrogen uptake and partitioning at

收稿日期: 2013-11-20 **接受日期:** 2014-08-01
基金项目: 国家现代农业产业技术体系专项资金(CARS-31-3-03)资助。
作者简介: 张守仕(1981—),男,山东莒南人,博士研究生,主要从事果树矿质营养研究。E-mail: zhangxie626@163.com
* 通信作者 E-mail: pft@sdau.edu.cn

the same amount of nitrogen fertilizer input were studied for better understanding of new fertilization technology in nectarine production. 【**Methods**】One-year old nectarine trees (*Prunus persica* Batsch, var. nectarine) of cv. Luxingyihao were planted in pots filled with 40 L of siliceous sand. Steady nutrition supply (SS) was obtained through packing fertilizer inside a bag with holes. Non-steady nutrition supply (nSS) was from the conventional splitting application of commercial fertilizer. Shoots were divided into two parts (upper and lower parts) as their location in stems. Nitrogen uptake and partitioning of upper and lower shoots after 30 days and 150 days of the processing were determined with ^{15}N isotope tracer technique. 【**Results**】Thirty days and one hundred and fifty days after the steady nutrition supply, the biomass amounts of nectarine plants are 63.49 g per tree and 160.74 g per tree respectively, the ratios of upper and lower part shoots biomass are 1.8 and 1.3 respectively, and the longest lengths of new shoots are 169.73 cm per tree and 306.55 cm per tree respectively. One hundred and fifty days after different fertilization methods treated, the differences in the new shoot length and their biomass among the treatments are significant and extremely significant, respectively. The biomass of upper shoots under the steady nutrition supply is increased by 98% between two sampling intervals, the biomass amounts under the non-steady nutrition supply and the control are increased by 93% and 42%, respectively, and the biomass amounts of lower shoots under the steady nutrition supply, non-steady nutrition supply and control are increased by 177%, 45% and 8%, respectively. During this period the ratios of upper to lower biomass of the control treatment, nutrition non-steady supply and nutrition steady supply are changed from 5.0 to 6.6, 2.8 to 3.7 and 1.8 to 1.3, respectively. The plant nitrogen uptake amounts under the steady nutrition supply are 12.7 and 76.9 mg per plant at the 30 days and 150 days after the processing, and those are 4.0 and 27.3 mg per plant treated with non-steady nutrition supply. The highest nitrogen use efficiency is obtained with the steady nutrition supply treatment, which reaches 12.96%, and that with the non-steady nutrition supply only reaches 4.6%. The nitrogen contents in upper shoots and leaves and the percentages of nitrogen derived from fertilizer are higher than those in lower shoots and leaves. The differences in nitrogen concentration of shoots and leaves between the upper part and lower part are extremely different ($P \leqslant 0.01$) 150 days after the treatment. The nitrogen derived from fertilizer and the nitrogen concentration are same between upper and lower shoots and leaves of the same plant, and are different at $P \leqslant 0.01$ of the steady and non-steady treatments when sampled after processing 150 days. Partitioning ratios of the nitrogen uptake between upper and lower are significantly different under the steady and non-steady nutrition supply treatments and are 1.54 and 4.03 respectively. 【**Conclusions**】Compared with non-steady nutrition supply, the polar growth is little, and nitrogen uptake increases, nitrogen recovery rate increases, and the nitrogen partitioning difference between growth center and non-growth center decreases under the nutrition steady supply.

Key words: nectarine; steady nutrition supply; non-steady nutrition supply; N uptake; N partition

氮在植物生长、发育中起重要作用,植物主要由根系从土壤中吸收氮素,运输至各个器官间。氮的吸收和合理分配对果树生长发育,果实产量和品质起重要作用[1]。因此,氮素的吸收和分配一直是果树生产研究的热点[2-4]。通过合理施肥提高氮素利用率[5]、促进果树生长发育、构建良好树形[6]、实现果园优质高产是果树氮素管理的主要目的。为提高氮素利用率,以往施氮多采用生长季内关键物候期一次或分次大量施氮的方法[7-9],每次施肥后土壤中速效态氮浓度变化剧烈,前期浓度高,随时间延长逐渐降低,甚至出现氮肥供应断线。在这种施肥方式下,果树氮素的分配在生长季内表现出往极性器官内分配的特点,即分配中心随生长中心器官的转移而转移[10-12],生长中心器官和非中心器官分配差异大。近年来,缓控释氮肥以及灌溉施肥技术在果园生产中得到应用,使氮素养分供应得到控制,实现了氮素养分的稳定供应,提高了氮素利用率[13],不同于以往的分次撒施施肥方法,这种施肥方式使整个果树在生长季内,土壤中速效态氮浓度的变化较小[14-15],这种供氮方式称为氮素养分稳定供应,以往的分次撒施称为氮素养分非稳定供应。目前在盆栽和大田试验中均有养分稳定供应下施肥时期[4,7,9]对果树生长发育及氮素吸收、分配的影响方面的研究,养分非稳定供应下氮素吸收分配的

研究[16-18]报导也很多,但是在相同施氮量条件下,养分稳定供应和非稳定供应方式对氮素吸收、分配影响的比较尚未见报道,另外吸收的氮素在生长中心器官与非生长中心器官间分配差异的原因尚不明确。因此,本文采用盆栽沙培的方法,研究养分稳定供应和非稳定供应方式对盆栽桃树的生长以及氮素吸收、分配的影响,以期为桃树合理施肥提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

2011年4月初,将大小均匀一致的60株一年生桃苗(鲁星一号,砧木为毛桃)栽培到50 L的塑料盆中,栽后定干40 cm,塑料盆中装有30 kg干净的河沙,4月底从中挑选出长势一致的36株,分为3组。

1.2 试验方法

试验设养分稳定供应(SS)、养分非稳定供应(nSS)和对照(CK)3个处理,每处理12次重复,单株小区。为防止雨水等影响,平时各塑料盆均用塑料板盖住;为防止盆内根系长出,在盆底外面垫砖块。

试验中桃苗生长所需大量营养元素由改良的Hoagland溶液配方中大量元素试剂提供。1L溶液中含有大量元素 $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ 945 mg、KNO_3 506 mg、NH_4NO_3 80 mg、KH_2PO_4 136 mg、$MgSO_4$ 493 mg。其中 $Ca(NO_3)_2$ 用69.5 mg丰度10.25%的 $^{15}N-Ca(NO_3)_2$ 代替100 mg $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$。将相当于25 L改良的Hoagland溶液所含的这些大量元素的试剂做成袋控缓释肥,袋控缓释肥养分释放期设计为180 d,由袋控缓释肥稳定供应养分。养分稳定供应处理,在5月15日将2袋袋控缓释肥对称埋入距离树干15 cm、深20 cm处。养分非稳定供应处理分别在5月15日、8月13日、9月12日将等量的大量元素试剂依次按照10%、80%、10%的量分3次施入。对照处理,去掉大量元素试剂,只补充微量元素。预试验表明盆内河沙每周两次,每次缓慢均匀浇水2000 mL可以润湿盆内全部沙子,且不流失。各处理中铁盐及微量元素配成母液,使用时稀释在2000 mL水中浇施。

分别在初次施肥后30 d(2011年6月15日,新梢第一次旺盛生长结束)和150 d(10月16日,新梢停止生长)调查各处理植株新梢长度,每个处理随机选取4株,将其解析为细根、粗根、树干、新梢、叶片,新梢根据在中心干上着生位置分为上部新梢(中心干上1/2)和下部新梢(中心干下1/2),110℃杀青后,80℃烘干至恒重,计算生物量。不锈钢电磨粉碎后过0.25 mm筛,测全氮、全磷、全钾含量和 ^{15}N 丰度。

长度用米尺测量(精确至mm),生物量用天平称量(精确至0.01 g),样品用浓硫酸—过氧化氢消煮,全氮用凯氏定氮法测定,用钼蓝比色法测定全磷;火焰分光光度法测定全钾;^{15}N 丰度在中国农业科学院原子能利用研究所用MAT-251型超精度同位素质谱仪测定。

1.3 数据处理与统计分析

Ndff%指植株器官从肥料中吸收的 ^{15}N 量对该器官全氮量的贡献率,反映植株器官对肥料 ^{15}N 的吸收征调能力,计算公式为:Ndff% = [样品中的 ^{15}N 丰度% - 自然丰度(0.366%)]/[肥料中 ^{15}N 的丰度% - 自然丰度(0.366%)] × 100;

总氮量(g) = 干物质质量(g) × 氮浓度;

吸收 ^{15}N 量(mg) = 总氮量(g) × Ndff% × 1000;

氮肥利用率(%) = Ndff% × 植株总氮量(g)/施氮量(g) × 100。

文中所有数据和图使用Excel 2003和采用DPS V6.5软件分析,不同处理间差异性分析采用Duncan新复极差法检验。

2 结果与分析

2.1 不同养分供应方式对桃树生长的影响

养分稳定供应下盆栽桃幼树生物量最大,施肥后30 d、150 d分别为63.49 g和160.74g,其次为养分非稳定供应,分别为55.38 g和149.21 g,对照处理最小分别为45.95 g和86.61 g。施肥后30 d养分稳定供应处理与对照处理间差异显著,与养分非稳定供应处理间差异不显著;施肥后150 d养分稳定供应处理与对照处理间差异极显著,与养分非稳定供应间差异显著(表1)。

养分稳定供应下新梢长度最大,施肥后30 d、150 d分别为169.73 cm和306.55 cm,其次为养分非稳定供应,分别为157.68 cm和245.60 cm,对照处理最小分别为122.34 cm和141.77 cm。施肥后30 d养分稳定供应处理与对照处理间差异显著,与养分非稳定供应处理间差异不显著;施肥后150 d养分稳定供应处理、对照处理及养分非稳定供应处理间差异达极显著水平(图1)。

养分稳定供应与非稳定供应处理新梢生物量随取样时间而逐渐增大,上部与下部新梢生物量各处

理间差异较大。两次取样都表现出养分稳定供应处理上、下部新梢生物量差异小,上下比值分别为 1.8 和 1.3;对照处理上、下部新梢生物量差异最大,上下比值分别为 5.0 和 6.6;养分非稳定供应处理上下部新梢生物量之比分别为 2.8 和 3.7(表 1)。

各处理间新梢生长量和生物量的变化不仅体现在总量上,而且也表现在其增量的比例上,各处理在两次取样间隔内,上部新梢生物量增量对照为 42%,养分非稳定供应处理为 93%,养分稳定供应处理为 98%,下部增量对照为 8%,养分非稳定供应处理为 45%,养分稳定供应处理为 177%。这表明对照和养分非稳定供应处理取样间隔期内生长中心在上部,极性生长变大,养分非稳定供应处理生长中心在上部但极性生长变小。

表 1　不同养分供应方式对盆栽桃生物量的影响(g/plant)

Table 1　Effect of different nutrition supply on biomass of pot cultured peach

处理 Treatment	器官 Organ	取样时间 Sampling time	
		施肥后 30 d 30 days after the fertilization	施肥后 150 d 150 days after the fertilization
CK	上部叶 Up leaf	8.76 cB	10.46 bB
	上部梢 Up shoot	2.62 bB	5.68 bB
	下部叶 Down leaf	1.92 aA	1.23 cC
	下部梢 Down shoot	0.34 aA	1.22 cB
	干 Stem	12.09 aA	25.35 aA
	粗根 Coarse root	13.47 aA	30.27 bB
	细根 Fine root	6.75 aA	12.40 aA
	植株 Plant	45.95 bA	86.61 cB
养分非稳定供应 Non-steady nutrition supply	上部叶 Up leaf	17.54 aA	24.22 aA
	上部梢 Up shoot	2.83 bAB	15.12 aA
	下部叶 Down leaf	5.79 aA	7.20 bB
	下部梢 Down shoot	1.50 abA	3.38 bB
	干 Stem	13.25 aA	34.35 aA
	粗根 Coarse root	11.18 aA	48.33 aA
	细根 Fine root	3.28 aA	16.61 aA
	植株 Plant	55.38 abA	149.21 bA
养分稳定供应 Steady nutrition supply	上部叶 Up leaf	13.46 bA	21.65 aA
	上部梢 Up shoot	4.85 aA	14.69 aA
	下部叶 Down leaf	6.71 aA	14.38 aA
	下部梢 Down shoot	3.19 bA	13.07 aA
	干 Stem	14.88 aA	31.19 abA
	粗根 Coarse root	13.89 aA	47.21 aA
	细根 Fine root	6.52 aA	18.54 aA
	植株 Plant	63.49 aA	160.74 aA

注(Note): 表内数据为 4 株桃幼树平均值 Data represent the mean of 4 replicates. 同列数据后不同小、大写字母分别表示同一部位处理间差异达 5% 和 1% 显著水平 Values followed by different small and capital letters for the same part in same column mean significant at the 5% and 1% levels, respectively.

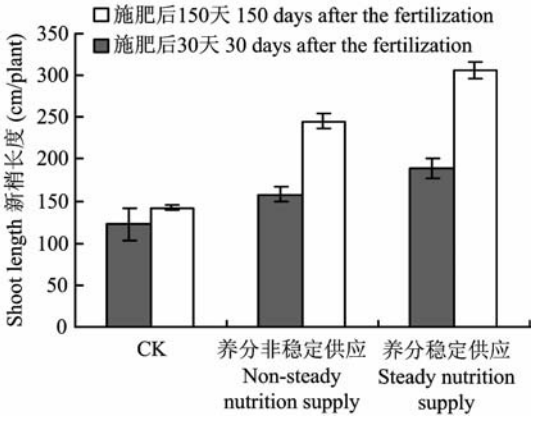

图1 不同养分供应方式对盆栽桃树新梢生长的影响

Fig. 1 Effect of different nutrition supply on new shoot growth of pot cultured peach

2.2 不同养分供应方式对桃树氮素吸收的影响

盆栽桃树氮素吸收量随生长时间延长而逐渐增多,养分稳定供应处理由施肥后30 d的12.7 mg/plant增加到施肥后150 d的76.9 mg/plant,养分非稳定供应处理由施肥后30 d的4.0 mg/plant增加到施肥后150 d的27.3 mg/plant,养分稳定供应下盆栽桃树氮素吸收量明显高于养分非稳定供应(图2)。

从氮素利用率来看,养分稳定供应处理在施肥后30 d时氮素利用率只有2.14%,明显低于养分非稳定供应处理的6.77%。但是到施肥后150 d,养分稳定供应处理的氮素利用率可达12.96%,而养分非稳定供应处理仅为4.6%(图3)。

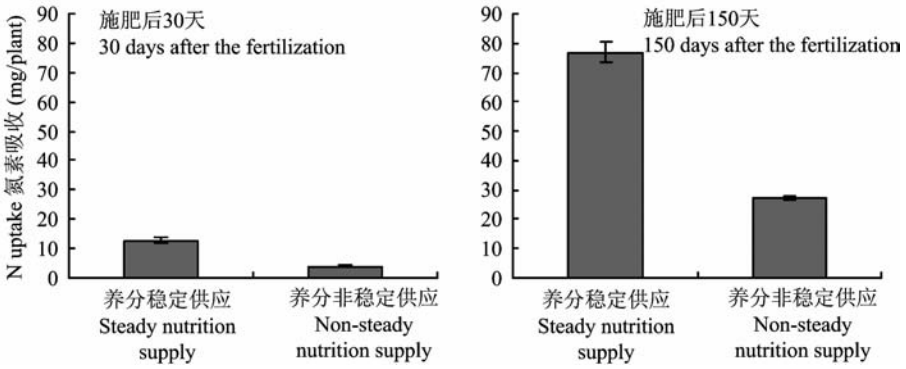

图2 不同养分供应方式对盆栽桃树氮素吸收的影响

Fig. 2 Effect of different nutrition supply on N uptake of pot cultured peach

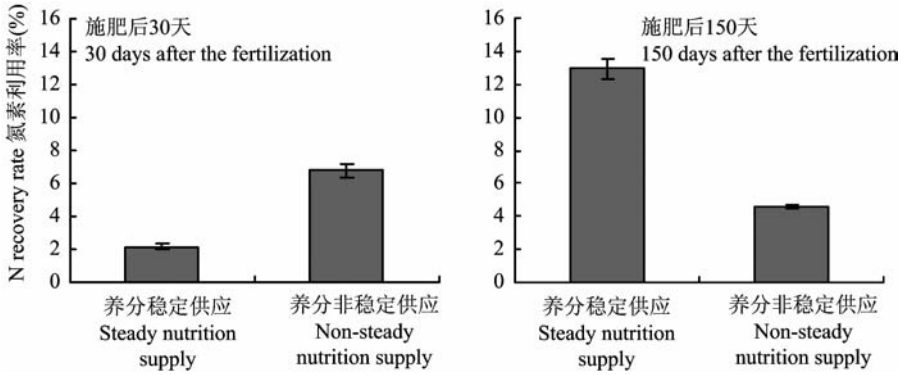

图3 不同养分供应方式对盆栽桃树氮素利用率的影响

Fig. 3 Effect of different nutrition supply on N recovery rate of pot cultured peach

2.3 不同养分供应方式对桃树氮素分配的影响

盆栽桃树总生物量以及上部和下部新梢生物量、长度各处理有差异,且各处理的氮素吸收量不同,氮素分配也有明显差异,叶片和粗根是氮素分配

的主要部位。各处理上、下部新梢及叶片 Ndff% 的结果表明,同一处理上、下部新梢及叶片之间对^{15}N的征调能力差异不大,不同处理相同部位的新梢和叶片之间的 Ndff% 相近。养分稳定供应处理各部位器官的 Ndff% 最高,且与养分非稳定供应处理间差异极显著(表 2)。由于新梢生物量上下部的差异,虽然 Ndff% 上下部差异不大,但 10 月份取样时,吸收氮素在上部和下部新梢间的分配并不均衡。上部新梢分配的氮素多,表现出极性生长的特点。养分稳定供应处理上部分配量为下部 1.54 倍,非稳定供应处理上部分配量为下部 4.03 倍。不同于 Ndff%,氮素分配率均是叶片高于新梢。养分稳定供应和非稳定供应两处理间氮素分配率下部新梢和叶片均达极显著差异水平,上部新梢的差异不显著,上部叶片的差异显著(表 2)。

表 2　不同养分供应方式对盆栽桃各器官氮素吸收利用及分配的影响

Table 2　Effect of different nutrition supply on the N uptake and partition of each organ of pot cultured peach

处理 Treatment	器官 Organ	氮浓度(mg/g) N Concentration	Ndff 占总氮比例(%) Ndff/total N	Ndff (mg)	氮素分配率(%) N distribution rate
养分非稳定供应 Non-steady nutrition supply	上部叶 Up leaf	23.75 bB	1.71 bB	10.53 bB	38.49 aA
	上部梢 Up shoot	9.15 bB	1.64 bB	2.19 bB	8.00 aA
	下部叶 Down leaf	26.26 bB	1.52 bB	2.61 bB	9.56 bB
	下部梢 Down shoot	9.72 bB	1.62 bB	0.54 bB	1.96 bB
	干 Stem	4.97 aA	1.36 bB	2.31 bB	8.51 aA
	粗根 Coarse root	8.71 aA	1.41 bB	5.94 aA	21.84 aA
	细根 Fine root	14.17 aA	1.19 bB	3.20 aA	11.64 aA
养分稳定供应 Steady nutrition supply	上部叶 Up leaf	29.86 aA	3.26 aA	21.08 aA	27.40 bB
	上部梢 Up shoot	11.62 aA	3.13 aA	5.38 aA	6.98 aA
	下部叶 Down leaf	31.52 aA	3.19 aA	14.27 aA	18.66 aA
	下部梢 Down shoot	13.10 aA	3.42 aA	5.86 aA	7.67 aA
	干 Stem	5.48 aA	2.65 aA	4.51 aA	5.87 aA
	粗根 Coarse root	11.29 aA	2.89 aA	15.85 aA	20.55 aA
	细根 Fine root	18.84 aA	2.79 aA	9.93 aA	12.87 aA

注(Note): Ndff—来自肥料中的氮;同列数据后不同小、大写字母分别表示同一部位处理间差异达 5% 和 1% 显著水平 Values followed by different small and capital letters for the same part in same column mean significant at the 5% and 1% levels, respectively.

从氮素浓度上看,下部新梢和下部叶片均高于上部新梢和上部叶片,叶片又高于新梢。上下部叶片氮素浓度各处理之间的差异极显著;上、下部新梢的氮素浓度各处理间差异也达极显著水平。

3　讨论

按照 Ingestad 等的植物稳态矿质营养理论,在养分稳定供应下可以实现植物的最适生长,充分挖掘植物的生长潜力[19]。试验中氮素养分稳定供应处理新梢生长量显著高于养分非稳定供应处理,生物量也大,表明养分稳定供应对幼树生长有促进作用。桃树在生长过程中由于外围部分光照条件、营养条件好,容易造成上部、外围部位生长势强,下部、内堂部位长势弱[20],从而不利于均衡营养和立体结果。养分稳定供应方式缩小了极性部位和非极性部位的生物量差异,有利于改善这种状况。

落叶果树生长季早期的生长所需氮素主要靠从贮藏器官重新移动的氮素,当年吸收氮素对前期生长影响不大[21-22]。施肥后 150 d 的试验结果表明,桃幼树生长受当年供应氮素的影响较大。这主要是因为所用桃树为一年生幼树,树体贮藏养分有限,因此受当年氮素供应的影响较大,这与 Cheng 等[28]的研究结果相同。各处理新梢生物量的变化显示养分稳定供应条件下上、下部新梢同时增加,但非稳定

供应处理上部新梢生物量增加较快,下部新梢生物量仅略有增加(表1)。由于顶端优势的原因,上部新梢是生长中心,表明在氮素养分稳定供应条件下,生长中心与非生长中心生长的差异比非稳定供应下小。

氮素的吸收随桃树迅速生长而逐渐增多,氮素吸收量均是养分稳定供应处理高于非稳定供应处理,但氮素利用率在施肥后30 d时养分非稳定供应处理高于稳定供应处理,这主要是因为养分非稳定供应处理5月份的氮肥施用量仅为养分稳定供应处理10%。10月份取样时由于施肥间隔时间长,且施肥总量两个处理相同,养分非稳定供应的氮素利用率仅为稳定供应1/3,这与大田桃幼树试验的结果相同[15]。结果说明分次施肥对短期内提高氮素利用率非常重要[7],但是养分稳定供应对桃树生长影响的结果表明,养分浓度的变化容易引起极性生长[24]。因此,保持氮素浓度变化在一个合理的范围之内,在生长季内像滴灌施肥一样使之处于一个较低范围内[25],是控制极性生长的重要方法。考虑到浇水时各处理均没有氮素渗漏损失,实际生产中氮素养分渗漏是肥料利用率降低的一个重要方面,袋控缓释肥因养分释放缓慢从而减少了渗漏损失,因此果树生产中氮素利用率可能比本试验的结果更低。

氮素具有很好的移动性,不同施肥时期的试验结果表明,当年吸收氮素主要供应生长中心器官[3,10,12,16]。李洪波的研究发现在春季土壤施尿素的情况下,不同物候期生长中心器官与非生长中心器官氮素的分配率差异较大[26],本研究中养分非稳定供应处理上、下部新梢和叶片的氮素分配率和分配量的结果与此相同。Moreno Toselli 等[27]研究发现,不同施肥时期造成中心生长器官和非中心生长器官的Ndff%差异大,本试验中桃树幼苗生长中心和非生长中心的Ndff%在各处理的差异并不大,这与我们试验中上、下部新梢虽然生长极性有差异但都是当年新生器官,对氮素的竞争能力相差不大有关。Moreno Toselli 等[27]的研究结果表明生长季内吸收的氮素主要分配到叶片中,本研究结果与此相一致。氮素分配量与生物量、氮素浓度和Ndff%有关,各处理上、下部新稍和叶片间的氮素浓度、Ndff%差异都不大,也就是说氮素分配量的差异主要由生物量造成,推断养分稳定供应对非结构性碳水化合物分配的影响更大[28],这方面需要进一步研究。

4 结论

通过氮肥袋控缓释达到养分稳定供应目的,与传统的氮肥分次撒施即养分非稳定供应相比,氮肥稳定供应下桃树植株生物量大,极性生长变小,氮素吸收量增多,氮素利用率高,吸收的氮养分在植株不同部位分配的差异变小,极性分配特性得到一定程度的削弱。

参 考 文 献:

[1] 束怀瑞. 苹果学[M]. 北京:中国农业出版社, 1999.
Shu H R. Study of apple[M]. Beijing: Chinese Agriculture Press, 1999.

[2] 顾曼如, 束怀瑞, 周宏伟. 苹果氮素营养研究Ⅲ. 根外追氮及其吸收运转特性[J]. 园艺学报, 1985, 12(2): 89-94.
Gu M R, Shu H R, Zhou H W. A study on the nitrogen nutrition of apple tree Ⅲ. The characters of absorption and translocation of ^{15}N foliarly applicated[J]. Acta Horticulturae Sinica, 1985, 12(2): 89-94.

[3] 李红波, 姜远茂, 彭福田, 等. 不同类型红富士苹果对春季土施^{15}N-尿素的吸收、分配和利用特性研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(4): 986-991.
Li H B, Jiang Y M, Peng F T *et al*. Characteristics of absorption, distribution and utilization of spring soil^{15}N-urea application for different types of Fuji (*Malus domestica/M. hupehensis*)[J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2010, 16(4): 986-991.

[4] Tagliavini M, Millard P, Quartieri M, Marangoni B. Timing of nitrogen uptake affects winter and spring remobilization of nitrogen in nectarine trees[J]. Plant and Soil, 1999, 211: 149-153.

[5] Nario A, Pino I, Zapata F. Nitrogen ^{15}N fertilizer use efficiency in peach (*Prunns persica* L.) cv. Golden crest trees in Chile[J]. Scientia Horticulturae, 2002, 97: 279-287.

[6] 潘增光, 束怀瑞. 苹果秋梢类型及其与树体营养状况的关系[J]. 果树科学, 1996, 13(2): 75-78.
Pan Z G, Shu H R. Classification of autumn-shoot and the relationship between autumn-shoot type and nutrition content in apple tree[J]. Journal of Fruit Science, 1996, 13(2): 75-78.

[7] Niederholzer F J A, DeJong T M, Saenz J L *et al*. Effectiveness of fall versus spring soil fertilization of field-grown peach trees[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 2001, 125(5): 644-648.

[8] 李红波, 姜远茂, 魏绍冲, 等. 嘎拉苹果对一次和分次施入^{15}N-尿素的吸收分配和利用[J]. 园艺学报, 2011, 38(9): 1727-1732.
Li H B, Jiang Y M, Wei S C *et al*. Effect of once and split fertilization on characteristics of absorption, distribution and utilization of ^{15}N-urea for Gala[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2011, 38(9): 1727-1732.

[9] Acuña-Maldonado L E, Michael W S, Niels O M *et al*. Influence of nitrogen application time on nitrogen absorption, partitioning,

and yield of pecan[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 2003, 128(2): 155-162.

[10] 张序, 姜远茂, 彭福田, 等. "红灯"甜樱桃对秋季叶施^{15}N-尿素的吸收、分配及利用特性[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(4): 684-688

Zhang X, Jiang Y M, Peng F T *et al*. Characteristics of absorption, distribution and utilization of foliar applied ^{15}N-urea in autumn in 'Hongdeng' sweet cherry[J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2007, 13(4): 684-688.

[11] 赵登超, 姜远茂, 彭福田, 等. 不同施肥时期对冬枣^{15}N 贮藏及翌年分配利用的影响[J]. 中国农业科学, 2006, 39(8): 1626-1631.

Zhao D C, Jiang Y M, Peng F T *et al*. Storage and remobilization of nitrogen by Chinese jujube (*Z. jujube* Mill. var. inermis Rehd) seedling as affected by period of ^{15}N supply[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2006, 39(8): 1626-1631.

[12] 赵登超, 姜远茂, 彭福田, 等. 冬枣果实硬核期对^{15}N-尿素吸收、分配及再利用特性研究[J]. 应用生态学报, 2006, 17(1): 27-30.

Zhao D C, Jiang Y M, Peng F T *et al*. Absorption and distribution of nitrogen from ^{15}N labelled urea applied at core-hardening stage in winter jujube[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2006, 17(1): 27-30.

[13] Neilsen D, Neilsen G H. Efficient use of nitrogen and water in high-density apple orchards[J]. Hort Technology, 2002, 12(1): 19-25.

[14] Neilsen D, Millard P, Neilsen G H and Hogue E J. Sources of N for leaf growth in a high-density apple (*Malus domestica*) orchard irrigated with ammonium nitrate solution[J]. Tree Physiology, 1997, 17 (11): 733-739.

[15] 张守仕, 彭福田, 姜远茂, 等. 肥料袋控缓释对桃氮素利用率及生长和结果的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(2): 379-386.

Zhang S S, Peng F T, Jiang Y M *et al*. Effects of bag controlled-release fertilizer on nitrogen utilization rate, growth and fruiting of peach[J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2008, 14(2): 379-386.

[16] 韩明玉, 张芳芳, 张立新, 等. 矮化中间砧富士苹果初夏土施^{15}N-尿素的吸收分配特性[J]. 中国农业科学, 2011, 44(23): 4841-4847.

Han M Y, Zhang F F, Zhang L X *et al*. The absorption capacity and partitioning of ^{15}N to the major organs of 'Fuji' apple trees on M26 interstock using ^{15}N-labelled urea in early summer[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2011, 44(23): 4841-4847.

[17] 张进, 姜远茂, 束怀瑞, 等. 不同施肥时期沾化冬枣对^{15}N 尿素的吸收分配及利用特性[J]. 园艺学报, 2005, 32(2): 288-291.

Zhang J, Jiang Y M, Shu H R *et al*. Characteristics of absorption, distribution and utilization of 'Zhanhua-Dongzao Jujube' to ^{15}N-urea in different fertilizer application stages[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2005, 32(2): 288-291.

[18] 赵林, 姜远茂, 彭福田, 等. 嘎拉苹果对春施^{15}N-尿素的吸收、利用与分配特性[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(6): 1439-1443.

Zhao L, Jiang Y M, Peng F T *et al*. Characteristics of absorption, utilization and distribution of spring soil ^{15}N-urea application for Gala (*Malus hupehensis*)[J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2009, 15(6): 1439-1443.

[19] Ingestad T, Lund A B. Theory and techniques of steady-state mineral nutrition and growth of plants[J]. Scandinavian Journal of Forest Research, 1986, 1(4): 439-453.

[20] Jordan M O, Wendler R, Millard P. The effects of autumn N supply on the architecture of young peach trees[J]. Trees, 2009, 23: 235-245.

[21] Millard P. Ecophysiology of the internal cycling of nitrogen for tree growth[J]. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 1996, 159 (1): 1-10.

[22] Munoz N, Guerri J, Legaz F, Primo-millo E. Seasonal uptake of ^{15}N-nitrate and distribution of absorbed nitrogen in peach trees[J]. Plant and Soil, 1993, 150 (2): 263-269.

[23] Bi G, Scagel C F, Fuchigami L H. Effects of spring soil nitrogen application on nitrogen remobilization, uptake, and partitioning for new growth in almond nursery plants[J]. Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 2004, 79(3): 431-436.

[24] 彭福田, 彭勇, 周鹏, 张守仕. 肥料袋控缓释对沾化冬枣氮素利用率与生长结果的影响[J]. 园艺学报, 2006, 33(2): 223-228.

Peng F T, Peng Y, Zhou P, Zhang S S. Effect of fertilizer being bag-controlled release on nitrogen utilization rate, growth and fruiting of Zhanhua winter date (*Zizyphus jujuba* Mill. var. inermis Rehd.)[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2006, 33(2): 223-228.

[25] Neilsen G H, Neilsen D. Response of soil and irrigated fruit trees to fertigation or broadcast application of nitrogen, phosphorus, and potassium[J]. HortTechnology, 1999, 9(3): 393-401.

[26] 李红波, 葛顺峰,姜远茂. 嘎拉苹果不同施肥深度对^{15}N-尿素的吸收分配与利用特性[J]. 中国农业科学, 2011, 44(7): 1408-1414.

Li H B, Ge S F, Jiang Y M. Characteristics of absorption, utilization and distribution of ^{15}N-urea application in different depths in Gala (*Malus hupehensis*)[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2011, 44(7): 1408-1414.

[27] Toselli M, Flore J A, Avalloni C. Nitrogen partitioning in apple trees as affected by application time[J]. HortTechnology, 2000, 10(1): 136-141.

[28] Cheng L L, Leslie H F. Growth of young apple trees in relation to reserve nitrogen and carbohydrates[J]. Tree Physiology, 2002, 22: 1297-1303.