植物营养与肥料学报 2012,18(2):491 -498
Plant Nutrition and Fertilizer Science

UV-B 辐射对设施桃结果枝 ^{15}N 尿素吸收、利用及分配特性的影响

于妮娜,谭秋平,谭 钺,张海森,高东升*
(山东农业大学园艺科学与工程学院,山东泰安 271018)

摘要: 研究外源 UV-B 辐射对设施桃二年生结果枝对 ^{15}N 尿素吸收、利用和分配特性的影响。以 6 年生设施栽培"春捷"毛桃(*Prunus persica* cv. Chunjie)为试材,设对照和补充 UV-B 辐射的低、中、高剂量的 4 个处理,在果实发育不同时期饲喂 ^{15}N 标记的尿素,采样进行测定并计算。UV-B 辐射可以提高各器官的 Ndff,但是不同强度 UV-B 在不同物候期中提高效果不同。果实膨大期,除二年生枝是在低剂量处理下 Ndff 值最高之外,其他各器官都是在中、高剂量处理下 Ndff 值最高;硬核期,营养器官在中或者高剂量处理下 Ndff 较高,果肉和果核则是在低剂量处理下效果最明显;而果实着色期各器官均是在中剂量 UV-B 处理下 Ndff 值最高。UV-B 提高结果枝对 ^{15}N 的利用率高。果实膨大期,高剂量处理提高效果最明显,利用率达到 50.28%,与对照形成极显著性差异;硬核期和果实着色期 ^{15}N 的利用率则是在中剂量处理下达到最高,与对照相比分别比对照提高了 83.99% 和 105.56%,形成极显著性差异。不同物候期 ^{15}N 在各器官的分配率受 UV-B 影响差异显著。果实膨大期和着色期,叶片中 ^{15}N 分配率在对照处理下达到最高,分别为 13.44% 和 8.97%,UV-B 处理促进 ^{15}N 向其他器官的分配;硬核期,中、高剂量 UV-B 处理促进 ^{15}N 在叶片中的分配,低剂量处理降低 ^{15}N 在叶片中的分配率,差异均不显著。UV-B 增强条件下,不同物候期,各器官对 ^{15}N 的吸收、利用及分配特性受其对 UV-B 的敏感性调控。

关键词: UV-B 辐射;桃;^{15}N 尿素;吸收;利用;分配
中图分类号: S662.1;S606　　**文献标识码:** A　　**文章编号:** 1008 -505X(2012)02 -0491 -08

Effects of UV-B radiation on ^{15}N urea absorption, utilization and distribution in fruiting shoot of peach under protected culture

YU Ni-na, TAN Qiu-ping, TAN Yue, ZHANG Hai-sen, GAO Dong-sheng*
(*College of Horticulture Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018, China*)

Abstract: This study was conducted to determine the effects of UV-B radiation on ^{15}N absorption, utilization and as well as distribution in 2 year-fruiting shoot of peach under protected culture. The zero (control), low, moderate and high intensities of UV-B radiation were conducted on six-year-old greenhouse-grown 'chunjie' peaches (*Prunus persica* cv. Chunjie). Leaves were fed with ^{15}N-labeled urea at the various stages of fruit development. Subsequently, leaves, fruits and branches were respectively harvested for the determination. The Ndff levels of the sampled organs are increased under the UV-B irradiation, and are distinctively influenced at various phonological phases. At the fruit-swelling stage, the highest Ndff levels of most organs are detectable under either the moderate and high intensity of UV-B radiation condition, except for those of biennial branches under the low intensity of UV-B radiation. At the core-hardening stage, the highest Ndff levels in vegetative organs are examined under either moderate or high intensity of UV-B radiation condition, and yet the low intensity of UV-B radiation condition is responsible for those in both flesh and stone. At the fruit-coloring stage, the moderate intensity of UV-B radiation

收稿日期: 2011 -06 -05　　**接受日期:** 2011 -12 -30
基金项目: 国家"863"计划项目(2005AA247041);"十一五"国家科技支撑计划重大项目(2006BAD07B06);山东省水果创新团队资助项目。
作者简介: 于妮娜(1986—),女,山东潍坊人,硕士研究生,研究方向是果树设施栽培技术研究。E-mail:zifeng1987@126.com
*通讯作者 E-mail:dsgao@sdau.edu.cn

condition turns out to contribute to the highest Ndff levels in organs determined. It indicates that the UV-B radiation raise ^{15}N utilization efficiency notably by bearing branches. At the fruit-swelling stage, the high intensity of UV-B radiation condition exerts significantly distinct consequences on ^{15}N distribution to the tested organs. At fruit-swelling stage, higher intensive UV-B radiation significantly raised the utilization efficiency of ^{15}N (50.28%), while at stages of core-hardening and fruit-coloring, the utilization efficiencies of ^{15}N peaked under moderate intensity of UV-B radiation condition, with significant increase by 83.99% and 105.56% compared to control, respectively. At the fruit-swelling and fruit-coloring stages, ^{15}N is mostly distributed to control leaves (13.44% and 8.97%, respectively), while the ^{15}N distributions to other organs are promoted by the UV-B radiation. At the core-hardening stage, both moderate and high intensity of UV-B radiation condition favor the ^{15}N distribution to leaves, while low intensity of UV-B radiation is beneficial for ^{15}N accumulation in other organs. Taken together, at various phonological phases, the characteristics of ^{15}N absorption, utilization and distribution of the tested organs seem dependent upon their sensibilities to the UV-B radiation.

Key words: UV-B radiation; peach; ^{15}N urea; absorption; utilization; distribution

人类活动释放大量氯氟烃化合物造成臭氧层空洞[1],此外,大气层中甲烷、氧化亚氮、一氧化碳和二氧化碳浓度的增加也可能间接导致了臭氧层的破坏[2]。臭氧量的减少,带来的直接后果是导致到达地表的 UV-B 辐射增强[3-5],对生态系统和动植物生长产生深远影响。近些年来,关于 UV-B 辐射对植物的影响成为研究热点。多数研究表明,大多数植物的生长发育[6-7]、生理生化、物质代谢会随着紫外线辐射的增强受到不同程度的影响,直接影响到作物的品质。UV-B 辐射对作物品质产生的影响与其强度和时间有关[8-9]。因此,研究 UV-B 辐射的存在对植物所产生的环境生物学效应有较深远的科学意义和应用前景[10]。

氮是果树生长发育的重要营养元素,对器官构建、物质代谢和树体诸多生理生化过程有其他元素不可替代的作用。前人研究表明,UV-B 辐射能影响氮在植物体内的累积及迁移[11-12],而土壤的氮营养状况也会影响 UV-B 辐射对植物的作用[13]。李元等[12]研究表明,UV-B 辐射增强可以显著增加春小麦叶、茎、根和穗中氮的含量,而且对春小麦不同生育期不同部位氮的累积也有明显影响,但是对不同生育期、不同部位之间的影响有差异。在其他试验中,也观察到 UV-B 辐射抑制浮游生物氮结合[14-15],降低烟草、黑麦和大豆中总氮吸收[16-17],增加豌豆植株氮含量[18-19],以及不影响欧洲越桔和 *Calluna vulgaris* 叶片氮含量[20]。另外,据报道,UV-B辐射还可能对植物体内氮代谢关键酶的活性有影响[21]。氮作为桃树生长发育必需营养元素,增强 UV-B 辐射对氮素营养的作用具有其独特的意义。采用稳定性同位素^{15}N 肥料进行监测和研究果树对氮的吸收运转及分配是经济合理施肥的必要手段[22]。因此,本实验研究了 UV-B 增强条件下,设施桃对氮的吸收、利用和分配的规律,以期为 UV-B 增强下果实品质变化及科学施用氮肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地条件

试验地点为山东农业大学果树试验站塑料薄膜日光温室,属于温带半湿润大陆性气候,四季分明,光照充足,年日照 2611 h,年平均气温 12.8℃,无霜期约 200 d,年降水量 701.6 mm,土壤为褐壤土,土层深厚,排灌系统良好。温室为东西走向无立柱钢架日光温室,一面坡式,棚长为 50 m,跨度为 10 m,脊高 4.2 m,顶部和下部有通风口以缓解棚内温湿度。

试验材料为6年生"春捷"毛桃(*Prunus persica* cv. Chunjie),砧木为青州蜜,株行距为 0.9 m×2 m,树形为开心形,生长势一致,产量相似,试验期间正常管理。

1.2 试验设计

试验设 4 个处理,补充的 UV-B 剂量分别为 0 μW/cm^2 (CK)、14 μW/cm^2 (T1)、21 μW/cm^2 (T2)、28 μW/cm^2(T3),其中 CK 为对照,每个处理设 3 次重复,均在同一温室内进行。UV-B 由紫外-B 灯提供,将紫外-B 灯管悬于植株上方,光源距植株顶部始终保持 0.9 m 左右。每组灯管照射一株植物,为消除灯光对相邻植株影响从而对实验结果造成影响,因此,本实验每隔一棵树做一次处理。用 UV-340 型紫外线测定辐射计测量光源下 0.9 m 紫

外辐射强度,UV-B 辐射的剂量通过电子自动控时器控制紫外灯管照射时间来控制,从开花到果实成熟每天 10: 00AM ~ 11: 00AM 补光 1 h。

4 个处理均选用生长势相近的二年生结果枝,饲喂^{15}N 尿素(上海化工研究院生产,丰度 10.22%)前将结果枝基部进行环剥,于 2010 年 3 月 27 日(果实膨大期)、4 月 16 日(硬核期)、5 月 8 日(果实着色期)将^{15}N 尿素配成 0.5% 的溶液,用毛笔反复涂抹新梢叶片正反两面,每结果枝用量 3.00 mL,每处理 3 次重复。2 d 后采样,样品分为叶片、新梢、二年生结果枝、果实。

采下样品经清水—洗涤剂—清水—1% HCl—3 次去离子水冲洗后,立即在 105℃下杀青 10 min,于 80℃烘干,称干重、磨碎,过 0.25 mm 筛备用。

1.3　测定方法

全 N 含量及^{15}N 丰度均在中国农业科学院原子能利用研究所测定。

Ndff 指植株器官从肥料中吸收分配到的^{15}N 量对该器官全氮量的贡献率,反映了植株器官对肥料^{15}N 的吸收征调能力[23]。

Ndff = [植物样品中^{15}N 丰度 - ^{15}N 自然丰度(0.365%)]/(肥料中^{15}N 丰度 - ^{15}N 自然丰度) ×100%;

^{15}N 分配率 = 各器官从氮肥中吸收的^{15}N 量(g)/总吸收^{15}N 量(g) ×100%;

^{15}N 利用率 = [Ndff × 器官全氮量(g)]/^{15}N施肥量(g) ×100%。

1.4　数据处理

用 SPSS17.0 统计软件进行数据统计分析。

2　结果与分析

2.1　UV-B 辐射强度对不同发育时期桃树结果枝各器官 Ndff 的影响

从表 1 可以看出,在设施栽培条件下,在果实发育的不同时期同一强度 UV-B 辐射处理下,相同器官的 Ndff 不同,同一时期不同 UV-B 强度下,相同器官的 Ndff 也不相同,表明各器官对^{15}N 的征调能力既受果实发育时期的调控,也受 UV-B 辐射强度的影响。

表 1　果实发育关键时期不同 UV-B 辐射强度下设施桃树各器官中的 Ndff(%)

Table 1　The Ndff of different organs under different UV-B radiation during key stages of peach trees

饲喂时期 Feeding stage	器官 Organ	CK	T1	T2	T3
果实膨大期 Fruit-swelling stage	标记叶 Labeled leaves	0.89 ±0.07 ABa	0.66 ±0.10 Bb	1.08 ±0.11 Aa	1.07 ±0.11 Aa
	稍 New shoot	1.78 ±0.11 Bb	1.78 ±0.11 Bb	1.89 ±0.10 Bb	2.24 ±0.05 Aa
	二年生枝条 2-year shoot	3.59 ±0.21 Cc	4.61 ±0.10 Aa	4.31 ±0.10 ABb	4.22 ±0.08 Bb
	果肉 Pulp	1.27 ±0.10 Bb	1.16 ±0.09 Bb	2.63 ±0.15 Aa	2.50 ±0.11 Aa
	果核 Core				
硬核期 Core-hardening stage	标记叶 Labeled leaves	0.86 ±0.10 Cc	1.19 ±0.07 Bb	1.62 ±0.05 Aa	1.24 ±0.16 Bb
	稍 New shoot	1.83 ±0.05 Cd	2.34 ±0.15 Bb	2.12 ±0.06 BCc	2.86 ±0.16 Aa
	二年生枝条 2-year shoot	4.46 ±0.15 Bc	4.92 ±0.10 Bb	7.68 ±0.26 Aa	4.72 ±0.10 Bab
	果肉 Pulp	1.10 ±0.06 Bb	1.78 ±0.20 Aa	1.02 ±0.13 Bb	1.02 ±0.15 Bb
	果核 Core	1.51 ±0.05 Bb	2.12 ±0.15 Aa	1.54 ±0.06 Bb	1.55 ±0.07 Bb
果实着色期 Fruit-coloring stage	标记叶 Labeled leaves	1.10 ±0.08 Aa	1.29 ±0.21 Aa	1.36 ±0.10 Aa	1.28 ±0.10 Aa
	稍 New shoot	1.73 ±0.13 Cc	2.16 ±0.07 Bb	2.59 ±0.10 Aa	2.10 ±0.07 Bb
	二年生枝条 2-year shoot	4.19 ±0.16 Dd	5.19 ±0.06 Bb	5.88 ±0.05 Aa	4.88 ±0.05 Cc
	果肉 Pulp	0.53 ±0.03 Cc	0.82 ±0.05 Bb	1.49 ±0.07 Aa	0.97 ±0.10 Bb
	果核 Core	0.30 ±0.05 Bb	0.41 ±0.06 Bb	0.96 ±0.10 Aa	0.41 ±0.05 Bb

注(Note):不同大、小写字母分别表示同一器官不同处理间差异达 1% 和 5% 水平 Different capital and small letters mean significant between different treatments for the same organ at the 1% and 5% levels, respectively.

在果实膨大期,各器官中,二年生枝条的 Ndff 最高,其次是新梢、果肉和叶片。从各器官在不同处理下的表现来看,T1、T2 和 T3 处理均极显著地促进了二年生枝条对^{15}N 的征调能力,其中又以 T1 处理的 Ndff 最高,为 4.61%,与对照相比提高了 28.41%。新梢在 T3 处理下的 Ndff 最高,达到 2.24%,与对照的 1.78% 形成极显著差异,其他两个处理与对照差别不明显。而果肉则是在 T2 处理下的 Ndff 最高,为 2.63%,其次是 T3 处理,为 2.50%,均与对照形成极显著差异,T1 处理与对照差别不显著。叶片的 Ndff 在各处理间的差异不显著。以上结果表明,果实膨大期,除二年生枝是在低剂量下 Ndff 最高外,其他各器官对^{15}N 的征调能力均在中、高剂量的 UV-B 辐射下表现最强。

在硬核期,果核逐渐形成,一部分^{15}N 分配到果核中。T1 处理下果核的 Ndff 最高,达到 2.12%,其他处理间差别不大。此时期,果实生长暂缓,营养器官对^{15}N 的吸收征调能力增强,叶片、新梢和二年生枝条的 Ndff 相对膨大期都有提高,而果肉的 Ndff 则有所下降。此时仍然是二年生枝条对^{15}N 的征调能力最强,其中 T2 处理下的 Ndff 最高,与对照形成极显著差异。叶片和新梢的 Ndff 分别在 T2 和 T3 处理下达到最高,均与对照形成极显著性差异。而果肉的 Ndff 在 T1 处理下最高,达到 1.78%,比对照提高了 61.82%,T2 和 T3 处理则降低了果肉对^{15}N 的征调能力,两个处理下的 Ndff 均低于对照。从以上结果来看,UV-B 辐射可以提高各器官对^{15}N 的征调能力,但是不同的器官最适的 UV-B 强度不同:叶片和二年生枝条的最适强度是 T2 处理,新梢是 T3,果肉和果核是 T1。说明低强度 UV-B 提高生殖器官对^{15}N 的征调能力,而营养器官对^{15}N 的征调能力则是在中高强度下表现最强。

在果实着色期,二年生枝条、果肉和果核的 Ndff 较硬核期都有下降,叶片和新梢的 Ndff 变化趋势不大,说明在果实着色期,整个二年生结果枝对氮素营养的需求降低,对^{15}N 的征调能力也随之下降。随着 UV-B 强度的升高各器官的 Ndff 表现为先升高后降低,即 T2 处理下各器官的 Ndff 达到最高,且除叶片外,均与对照形成极显著性差异。此结果表明,在果实着色期,中强度的 UV-B 辐射对提高桃树各器官对^{15}N 的征调能力的效果最显著。

2.2 不同发育时期桃树二年生结果枝的断^{15}N 利用率

由图 1 可以看出,果实发育过程中,各个处理下,二年生结果枝对 ^{15}N 的利用率均是先升高后降低的,即硬核期达到最高。但是在不同发育时期,结果枝对 ^{15}N 的利用率在各处理下的表现不一致。果实膨大期,结果枝对 ^{15}N 的利用率是随着 UV-B 强度的增强而提高的,T3 处理下最高,达到 50.28%,与对照形成显著性差异。硬核期,结果枝的 ^{15}N 利用率有较大幅度的提高。相比对照,补充 UV-B 辐射的 T1、T2 和 T3 处理均极显著提高了结果枝的 ^{15}N 的利用率。与膨大期不同的是,此时 T2 处理效果最明显,^{15}N 利用率达到 84.82%,比对照提高了 83.99%,其次是 T1 处理,为 69.42%,而 T3 处理仅有 59.59%。在果实着色期,结果枝对^{15}N 的利用率有所下降,不过除 T3 处理外,仍高于果实膨大期。此期补充 UV-B 辐射的三个处理表现与硬核期一致,极显著提高了结果枝对^{15}N 的利用率,且 T2 处理效果最明显。由以上结果可得,UV-B 辐射可以提高结果枝对 ^{15}N 的利用率,但是各发育阶段适合的 UV-B 强度不同。在果实膨大期,高强度的 UV-B 提高结果枝对 ^{15}N 的利用率的效果明显,而在硬核期和果实着色期,则是中强度的效果更显著。

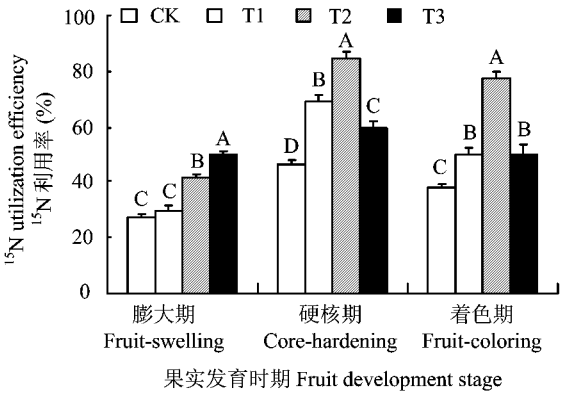

图 1 不同 UV-B 辐射强度下结果枝^{15}N 的利用率

Fig. 1 ^{15}N utilization efficiency of fruiting shoot in green house under different UV-B radiation intensities

[注(Note):柱上不同大写字母表示同一时期不同处理间差异达 1% 水平 Different capital letters above the bars indicate significant between different treatments at the same stage at the 1% level.]

2.3 不同发育时期结果枝各器官的^{15}N 分配率

在果实膨大期,^{15}N 主要分配在果肉和二年生枝条中,其次是叶片,分配到新梢中的最少,分配率在各个处理间表现不一。T3 处理提高了^{15}N 在果肉中的分配率,但是效果不显著。T1 处理则极显著地降低了果肉中^{15}N 的分配率。二年生枝条中的^{15}N 分配率在各处理间存在极显著性差异。TI、T2 和 T3

处理促进了^{15}N 向二年生枝条中的分配,其中 T1 效果最显著,分配率达到 58.63%,比对照提高了 98.07%,T2 处理次之。T1 和 T3 处理促进^{15}N 向新梢中的分配,而 T2 则降低了^{15}N 在新梢中的分配率,但是效果均不显著。而叶片在各个处理下的表现与其他器官不尽一致。补充 UV-B 的三个处理均极显著地降低了^{15}N 在叶片中的分配率,其中 T1 处理下分配率最低,仅为 7.22%,与对照的 13.44% 相比降低了 46.28%。以上结果说明,在果实膨大期,UV-B 辐射促进 ^{15}N 从叶片向其他器官运输;低强度 UV-B 辐射降低^{15}N 在果肉中的分配率,促进 ^{15}N 向二年生枝条的运输(见图 2)。

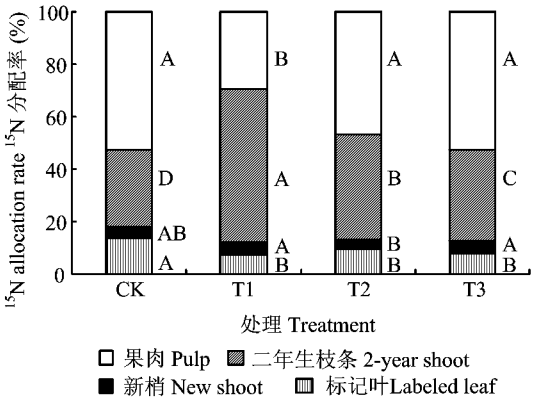

图 2　果实膨大期不同 UV-B 强度下各器官的^{15}N 分配率

Fig. 2　^{15}N distribution rate in different organs of peach under different UV-B radiation intensities at the fruit-swelling stage

[注(Note):不同大写字母表示同一部位不同处理间差异达 1% 水平 Different capital letters indicate significant between different treatments for the same organ at the 1% level.]

在硬核期,果核逐渐形成,一部分^{15}N 分配到果核中,用于果核的生长发育。此时^{15}N 仍然主要分配到果肉和二年生枝条中,只是在果肉中的分配率有所下降,二年生枝条中^{15}N 的分配率则没有太大变化。^{15}N 分配最少的器官依然是新梢,各个器官在不同处理下的表现也不尽一致,果核中^{15}N 分配率在 T1 处理下达到最高,为 18.97%,与对照没有显著性差异。T2 和 T3 处理则降低了^{15}N 在果核中的分配率,T3 处理下效果不明显,T2 处理下分配率与对照相比降低了 17.34%,形成显著性差异。T1 和 T3 处理均提高了^{15}N 在果肉中的分配率,不过效果不显著。T2 处理则极显著地抑制了^{15}N 向果肉中的分配,^{15}N 分配率仅有 19.89%,比对照降低了 32.07%。二年生枝条中^{15}N 的分配率在 T2 处理下达到最高,为 52.60%,与对照形成极显著性差异。T1 处理也促进了^{15}N 向二年生枝条中的分配,不过效果不显著。T3 处理则是降低了^{15}N 在二年生枝条中的分配率,较之对照,降低幅度为 24.09%,形成极显著差异。对新梢来讲,T3 处理极显著地提高了^{15}N 向新梢中的分配,分配率达到 7.47%,比对照的 4.79% 提高了 55.95%。叶片中^{15}N 分配率在各个处理间差异不显著。从以上结果可以看出,在硬核期,中、高剂量 UV-B 处理促进^{15}N 向叶片中的分配,低剂量处理降低^{15}N 在叶片中的分配率,促^{15}N 向其他器官的分配(见图 3)。

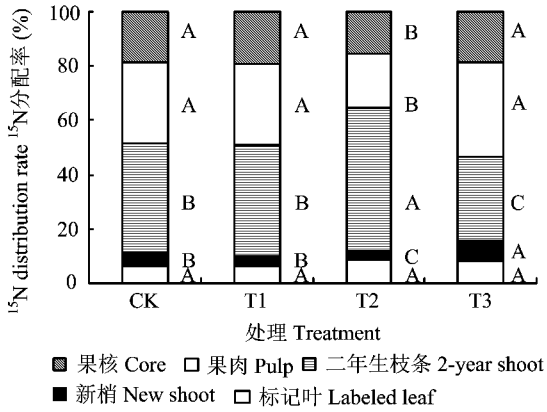

图 3　硬核期不同 UV-B 强度下各器官^{15}N 的分配率

Fig. 3　^{15}N distribution rate in different organs of peach under different UV-B radiation intensities at the core-hardening stage

[注(Note):不同大写字母表示同一部位不同处理间差异达 1% 水平 Different capital letters indicate significant between different treatments for the same organ at the 1% level.]

较之硬核期,果实着色期,果核中^{15}N 分配率开始下降,分配到果肉中的^{15}N 开始增加,二年生枝条、新梢和叶片中^{15}N 分配率变化不大。补充 UV-B 的 T1、T2 和 T3 处理均极显著促进了^{15}N 在果核中的分配,其中又以 T2 处理效果最显著,其分配率比对照提高了 946.10%。果肉中^{15}N 分配率在 T3 处理下达到最高,但与对照差异不显著。T1 和 T2 处理则降低了^{15}N 在果肉中的分配率,其中 T2 处理效果不显著,T1 处理下^{15}N 分配率降低了 20.90%,与对照形成极显著性差异。T1 处理极显著地促进了^{15}N 向二年生枝条中的分配,较之对照,^{15}N 分配率提高了 36.74%。T2 处理效果不显著。T3 处理降低了^{15}N在二年生枝条中的分配率,且与对照形成极显著性差异。对于新梢来说,T2 处理提高了^{15}N的分配

率,但是效果不显著。T1 和 T3 处理则使新梢中^{15}N分配率降低,且与对照形成极显著性差异。叶片在各个处理下的表现果核截然不同。补充 UV-B 的三个处理均抑制了^{15}N向叶片中的分配,其中低剂量的 T1 处理效果不显著,T2 和 T3 处理则与对照形成极显著性差异,又以高剂量的 T3 处理效果更明显,^{15}N分配率较之对照降低了 30.88%。以上结果说明,在果实着色期,UV-B 辐射处理降低抑制^{15}N向叶片中的分配,促进^{15}N向其他器官的转移(见图 4)。

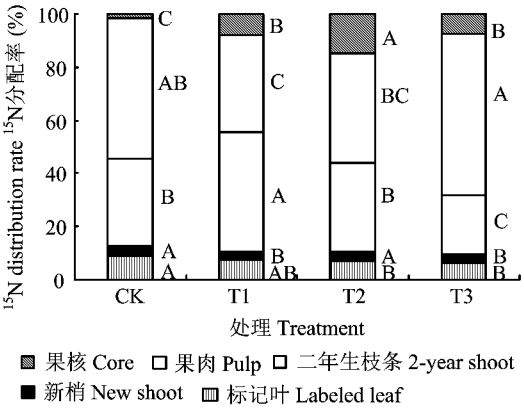

图 4 果实着色期不同 UV-B 强度下各器官的^{15}N分配率

Fig. 4 ^{15}N distribution rate in different organs of peach under different UV-B radiation intensities at the fruit-coloring stage

[注(Note):不同大写字母表示同一部位不同处理间差异达 1% 水平 Different capital letters indicate significant between different treatments for the same organ at the 1% level.]

3 讨论与结论

在果实膨大期、硬核期和果实着色期,UV-B 均能提高结果枝对 ^{15}N 的征调能力和利用率,改变^{15}N在各器官中的分配率,但是各个器官在不同时期对 UV-B 的强度反应是不一样的。说明在桃树发育的不同阶段各器官对 UV-B 辐射强度的敏感性不同,UV-B 辐射的补充措施要把握好剂量与时间,王英利等[8]在大棚番茄上的研究也说明了这个问题。

氮素是果树的必需营养元素,氮素供应充足与否直接影响果树器官的分化、形成以及树体形态建成[24]。氮的吸收和合理运转及分配对果实产量和品质产生重要影响[25]。尿素进入叶片后在脲酶的作用下分解成二氧化碳和氨,或者形成碳酸铵和碳酸氢铵后参与氨基酸的合成与转化,进一步合成转化形成蛋白质。期间谷氨酰胺合成酶(GS)、谷氨酰胺合酶(GOGAT)、天冬酰胺转氨酶(AspAT)等关键酶参与了催化和调节[26]。本实验中,增加 UV-B 极显著地提高了果实发育各时期结果枝对 ^{15}N 的利用率,作者推测可能是通过提高细胞内参与氮代谢酶的活性、促进蛋白质合成来实现的,前人[27]研究结果也表明 UV-B 辐射会促进蛋白质的合成,引起植物蛋白质含量增加。另外,研究表明,UV-B 辐射增强会使叶片细胞间隙增大[28]、增加脂质膜破裂[29],这有利于尿素进入叶片内部,增加叶片对尿素的吸收利用。

安黎哲等[30]研究表明,UV-B 辐射抑制植株生长,导致叶面积减小。本试验中发现增加 UV-B 辐射降低叶片中^{15}N的分配率,表明叶片生长受到抑制,对氮营养的利用能力降低,与前人研究结果相符。本试验中果实膨大期 UV-B 处理下二年生枝中^{15}N分配率极显著高于对照,硬核期中强度 UV-B 辐射处理提高二年生枝对^{15}N的利用率,果实着色期低强度 UV-B 处理促进二年生枝对氮营养的利用率,说明 UV-B 辐射促进二年生枝的生长发育,提高对氮营养的利用能力,且这种影响与植物生长阶段有关系,这与张静等[31]研究的 UV-B 辐射导致植物器官生长不平衡、分枝增多相符,李元等[12]在春小麦上的研究也表明 UV-B 辐射增强可以显著影响春小麦不同生育期不同部位氮的累积,但是对不同生育期、不同部位之间的影响有差异。但具体机制尚不清楚,还有待进一步研究。

本实验结果表明,在果实发育的三个关键阶段,高强度的 UV-B 能够提高果肉中^{15}N的分配率,低、中强度能够降低^{15}N的分配率,因此生产中可以根据实际需要适当的增加 UV-B 辐射来改善设施桃果实中氮营养的含量,进而提高果实产量和品质。因此,在利用 UV-B 辐射调整树体营养分配对解决设施果树生产中果品品质偏低的问题将会有重要意义。

参 考 文 献:

[1] Farman J C, Gardiner B G, Shanklin J D. Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClOx/NOx[J]. Nature, 1985, 315: 207-210.

[2] 曹凑贵. 生态学概论[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.
Cao C G. Ecology introduction[M]. Beijing: Advanced Education Press, 2002.

[3] Kai X, Bao S Q. Responses of superhigh-yield hybrid rice Liangyoupeijiu to enhancement of ultraviolet-B radiation[J]. Plant Sci., 2007, 139-149.

[4] Crutzen P J. Ultraviolet on the increase[J]. Nature, 1992, 356: 104-105.

[5] 周新明. UV-B 辐射增强对葡萄叶片光合生理及总酚含量的影

响[D]. 陕西杨陵: 西北农林科技大学硕士学位论文, 2007.
Zhou X M. The effects of enhanced ultraviolet-B radiation on photosynthetic physiology and total hydroxybenzene in the leaves of grapevine [D]. Yangling, Shannxi: MS thesis, Northwest A & F University, 2007.

[6] Gao W, Zheng Y F, Slusser J R *et al*. Impact of enhanced ultraviolet-B irradiance on cotton growth, development, yield, and qualities under field conditions[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2003, 120(1-4): 241-248.

[7] Jansen M A K, Gabab V, Greenberg B M. Higher plants and UV-B radiation: Balancing damage, repair and acclimation[J]. Plant Sci., 1998: 131-135.

[8] 王英利, 王勋陵, 岳明. UV-B 及红光对大棚番茄品质的影响[J]. 西北植物学报, 2000, 20(4): 590-595.
Wang Y L, Wang X L, Yue M. Effect of UV-B and red light on the quality of greenhouse tomatoes[J]. Acta Bot. Bor-Occid. Sin., 2000, 20(4): 590-595.

[9] 任红玉, 张兴文, 李东洺, 等. 不同生育期增加 UV-B 辐射对大豆产量的影响[J]. 大豆科学, 2010, 29(3): 543-545.
Ren H Y, Zhang X W, Li D M *et al*. Effect of increased UV-B radiation on soybean yield during different stages[J]. Soybean Sci., 2010, 29(3): 543-545.

[10] 钟楚, 陈宗瑜. UV-B 辐射对植物影响的分子水平研究进展[J]. 生态学杂志, 2009, 28(1): 129-137.
Zhong C, Chen Z Y. Research of effect of UV-B radiation on plant in molecular level[J]. Chin. J. Ecol., 2009, 28(1): 129-137.

[11] 陈育平, 王军, 王勋陵. 增强 UV-B 辐射与 CO2 浓度倍增复合作用对冬季大棚黄瓜生长发育的影响[J]. 西北植物学报, 2005,25(3): 525-530.
Chen Y P, Wang J, Wang X L. Compound effect of enhanced UV-B radiation and multiplied CO_2 on the cucumber growth in winter plastic greenhouses[J]. Acta Bot. Bor-Occid. Sin., 2005, 25(3): 525-530.

[12] 李元, 王勋陵. UV-B 辐射增加对麦田生态系统 N、P 累积和循环的影响[J]. 农业环境保护, 2000, 19(3): 129-132.
Li Y, Wang X L. Effects of enhanced UV-B radiation on accumulation and cycling of nitrogen and phosphorus in plant tissues under wheat field ecosystem[J]. Agro-Environ. Prot., 2000, 19(3): 129-132.

[13] 王勋陵. 增强紫外 B 辐射对植物和生态系统影响研究的发展趋势[J]. 西北植物学报, 2002, 22(3): 670-681.
Wang X L. Research advances about effects of enhanced UV-B radiation on plants and ecosystems[J]. Acta Bot. Bor-Occid. Sin., 2002, 22(3): 670-681.

[14] Braune W, Dohler G. Impact of UV-B radiation on ^{15}N-amammonium and ^{15}N-nitrate uptake by Haematococcus lacustris (Volvocales): I. Different response of flagellates and aplanospores[J]. J. Plant Physiol., 1994, 144: 38-44.

[15] Tyagi R, Srinivas G, Vyas D *et al*. Differential effect of ultraviolet-B radiation on certain metabolic processes in a chromatically adapting Nostoc[J]. Photochem. Photobiol., 1992, 55(3): 403-407.

[16] Andersen R, Kasperbauer M J. Chemical composition of tobacco leaves altered by near-ultraviolet and intensity of visible light[J]. Plant Physiol., 1973, 51: 723-726.

[17] 李元,王勋陵. UV-B 辐射增加对麦田生态系统 N、P 累积和循环的影响[J]. 农业环境保护,2000,19(3): 129-132.
Li Y, Wang X L. The effects of enhanced UV-B radiation on N, P accumulation and circulation of wheat ecosystem[J]. Agro-environ. Prot., 2000, 19(3): 129-132.

[18] Ernst W H O, Jos W M, Vande Staaij *et al*. Reaction of savanna plants from Bostwana on UV-B radiation[J]. Plant Ecol., 1997, 128(1-2): 163-170.

[19] Bjorn L O, Callaghan T V, Johnsen I *et al*. The effects of UV-B radiation on European heathland species[J]. Plant Ecol.. 1997, 128(1-2): 253-264.

[20] Hatcher P E, Paul N P. The effects of elevated UV-B radiation on herbivory of pea *Autographa gamma* [J]. Entomologia Exp. Appl., 1994, 71(3): 227-233.

[21] Dohler G, Worrest R C, Biermann I *et al*. Photosynthetic $^{14}CO_2$ fixation and [^{15}N]-ammonia assimilation during UV-B radiation of *Lithodesmium variable*[J]. Physiol. Plant, 1987, 70: 511-515.

[22] 顾曼如, 张若杼, 束怀瑞, 等. 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[J]. 园艺学报, 1981, 8(4): 21-28.
Gu M R, Zhang R S, Shu H R *et al*. Preliminary studies on nitrogen nutrition for apple—characteristics of annual alteration in nitrogen nutrition of plant[J]. Acta Hortic. Sin., 1981, 8(4): 21-28.

[23] 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. The application of ^{15}N in the study of nitrogen nutrition on apples[J]. China Fruits, 1990, (2): 46-48.

[24] 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 Nutr. Fert. Sci., 2009, 15(6): 1439-1443.

[25] 张立新, 张林森, 李丙智, 韩明玉. 旱地苹果矿质营养及其在生长发育中的作用[J]. 西北林学院学报, 2007, 22(3): 111-115.
Zhang L X, Zhang L S, Li B Z, Han M Y. Mineral nutrition elements and their roles in growth and development of apple trees in arid areas[J]. J. Northwest For. Univ., 2007, 22(3): 111-115.

[26] 许振柱, 周广胜. 植物氮代谢及其环境调节研究进展[J]. 应用生态学报, 2004, 15(3): 511-516.
Xu Z Z, Zhuo G S. Research of plant nitrogen metabolism and environmental regulation[J]. Chin. J. Appl. Ecol., 2004, 15(3): 511-516.

[27] Nedunchezhian N. Annamalainathan K. Kulandaivelu G. Induction of heat short-like proteins in *Vigna sinensis* seeding growing under UV-B enhanced radiation[J]. Physiol. Plant, 1992, 85: 503-506.

[28] 王进, 张静, 杨景辉, 等. UV-B辐射增强对棉花叶片显微结构的影响[J]. 新疆农业科学, 2010, 47(8): 1619-1626.
Wang J, Zhang J, Yang J H *et al*. Effects of enhanced UV-B radiation on the leaves microstructure of cotton[J]. Xinjiang Agric. Sci., 2010, 47(8): 1619-1626.

[29] Yao X Q, Liu L. Responses in growth, physiology and nitrogen nutrition of dragon spruce (*Picea asperata*) seedlings of different ages to enhanced ultraviolet-B[J]. Acta Physiol. Plant, 2007, 29: 217-224.

[30] 安黎哲, 冯虎元, 王勋陵. UV-B辐射增强对几种作物和品种生长的影响[J]. 生态学报, 2001, 21(2): 249-253.
An L Z. Feng H Y, Wang X L. Effects of enhanced UV-B radiation on the growth of some crops[J]. Acta Ecol. Sin., 2001, 21(2): 249-253.

[31] 张静, 王进, 田丽萍. 紫外线(UV-B)辐射增强对植物生长的研究进展[J]. 中国农学通报, 2009, 25(22): 104-108.
Zhang J, Wang J, Tian L P. Advance in research on effect of enhanced UV-B radiation on plants[J]. Chin. Agric. Sci. Bull., 2009, 25(22): 104-108.