

DOI: 10.5846/stxb201309242352

刘国锋, 董星晨, 樊亮, 海龙, 邱慧珍, 杨萍, 吴健君. 陇东红富士果树养分回流对土壤表层管理的响应. 生态学报, 2015, 35(11): 3862-3870.

Liu G F, Dong X C, Fan L, Hai L, Qiu H Z, Yang P, Wu J J. Response of nutrient backflux dynamics within Fuji trees to soil groundcover management approaches in East Gansu Province. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(11): 3862-3870.

陇东红富士果树养分回流对土壤表层管理的响应

刘国锋^{1,2}, 董星晨^{1,2}, 樊亮^{1,2}, 海龙^{1,2}, 邱慧珍^{1,2,*}, 杨萍^{1,2}, 吴健君³

1 甘肃农业大学资源与环境学院, 兰州 730070

2 甘肃省干旱生境作物学重点实验室, 兰州 730070

3 陇东学院农林科技学院, 庆阳 745000

摘要:地处陇东黄土高原的庆阳市苹果园普遍缺乏有效的土壤表层管理措施,以盛果期的“红富士”果树为对象,研究不同土壤表层管理方式在养分回流期对苹果树体贮藏养分的动态变化。研究表明:优化覆膜(T2)与优化覆草(T3)一年生枝条叶片的叶绿素含量均显著高于常规处理(T1)。T2和T3处理的一年生春梢、秋梢和封顶枝中的碳素贮藏物质(可溶性糖、淀粉)和氮素贮藏物质(总游离氨基酸、可溶性蛋白质)的含量均显著高于T1,T3比T2处理对碳素贮藏物质含量的提升效果更为明显。此外,相同枝条类型不同组织中的贮存养分含量不同,可溶性糖和可溶性蛋白质的含量表现为表皮积聚,韧皮部>木质部,淀粉与总游离氨基酸含量表现为主轴积聚,木质部>韧皮部。不同枝条类型中贮藏物质的含量整体表现为秋梢>封顶枝>春梢,秋梢在提升养分贮藏水平中起到了重要作用。

关键词:红富士苹果;土壤表层管理;养分回流

Response of nutrient backflux dynamics within Fuji trees to soil groundcover management approaches in East Gansu Province

LIU Guofeng^{1,2}, DONG Xingchen^{1,2}, FAN Liang^{1,2}, HAI Long^{1,2}, QIU Huizhen^{1,2,*}, YANG Ping^{1,2}, WU Jianjun³

1 College of Resources and Environmental Sciences, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China

2 Gansu Provincial Key Lab of Aridland Crop Science, Lanzhou 730070, China

3 College of Agriculture and Forestry, Longdong University, Qingyang 745000, China

Abstract: Poor and insufficient groundcover-management approaches have been a big problem for apple production on Loess Plateau, Qingyang City, East Gansu Province. Soil groundcover management is a widely used soil-surface management measure. Soil groundcover management approaches can improve fruit tree nutrition, and nutrient backflux ensures that the trees efficiently use their nutrients, which is important for trees grown in an area with depleted soil nutrients. There are few reports about the effects of soil groundcover management approaches on nutrient backflux in apple trees. Therefore, we studied the effects of two different types of optimized soil groundcover management approaches on the dynamics of storage nutrients in Red Fuji apple trees in a fruit orchard during nutrient backflux and compared the results with those obtained using the local conventional management approach. The following three treatments were used: T1, the local conventional management measure; T2, optimized film mulching measure; and T3, optimized maize-straw mulching measure. We obtained the following results: Compared to the T1 treatment, both T2 and T3 treatments increased chlorophyll content, and

基金项目:甘肃省苹果产业科技攻关项目(GPCK2010-4);江苏省固体有机废弃物资源化高新技术研究重点实验室开放课题(BM200720303);庆阳市星火计划

收稿日期:2013-09-24; 网络出版日期:2014-08-22

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: hzqiu@gsau.edu.cn

this result was significant after T3 treatment. The chlorophyll content after T2 and T3 treatments was 5.53% and 7.94%, respectively. The two optimized treatments significantly increased the contents of both carbon storage substances (e.g., soluble sugar and starch) and nitrogen storage substances (total free amino acids and soluble proteins) in 1-year-old branches—spring shoots, autumn shoots, and top-cutting shoots; higher increments were observed in branches that received T3 treatment. Soluble sugars in spring shoots, autumn shoots, and top-cutting shoots increased by 8.94%, 8.16%, and 12.45%, respectively, after T2 treatment, and by 13.59%, 13.07%, and 15.10%, respectively, after T3 treatment. Starch in spring shoots, autumn shoots, and top-cutting shoots increased by 13.45%, 13.02%, and 9.63%, respectively, after T2 treatment, and by 20.73%, 22.32%, and 14.07%, respectively, after T3 treatment. Total free amino acids in spring shoots, autumn shoots, and top-cutting shoots increased by 34.43%, 26.81%, and 23.50%, respectively, after T2 treatment, and by 56.46%, 44.13%, 30.30%, respectively, after T3 treatment. Soluble protein in spring shoots, autumn shoots, and top-cutting shoots increased by 14.23%, 7.17%, and 1.45%, respectively, after T2 treatment, and by 20%, 7.27%, and 1.27%, respectively, after T3 treatment. Different accumulating characteristics were observed for storage nutrients within different tissues in the same branch type. Overall, soluble sugars and soluble proteins exhibited obvious epidermal accumulation, and their levels were higher in the phloem than in the xylem; the contents of soluble sugar and soluble protein in the phloem were 54.52% and 152.64%, respectively. Starch and total free amino acids exhibited obvious central accumulation, and their levels were higher in the xylem than in the phloem; the contents of starch and total free amino acids in the xylem were 76.87% and 89.26%, respectively. The three branch types showed different levels of storage nutrients in the following order: autumn shoots > top-cutting shoots > spring shoots. Autumn shoots played an important role in improving the level of storage nutrients. Storage nutrient levels in autumn shoots and top-cutting shoots were higher (24.76% and 12.68%, respectively) than those in spring shoots.

Key Words: Red Fuji apple; soil groundcover management; nutrient backflux

随着国家苹果种植优势区域由东向西转移,地处陇东黄土高原的甘肃省庆阳市苹果适栽区,凭借其光热资源丰富、海拔较高、昼夜温差大、空气干燥、自然隔离条件好、土层深厚和土壤疏松等优良的自然条件,成为全中国知名的苹果适宜栽培区域^[1]。然而,受到栽培习惯和当地条件等因素的制约,该区的苹果园土壤管理中,除了自然生草外,普遍缺乏有效的土壤表层管理措施,已有报道指出,在 550—550mm 降雨量的该区果园生草不利于土壤保水,且与果树存在明显的水分竞争^[2]。因此实施果园地面覆盖,减少地表水分蒸散,充分利用有限的降水资源成为挖掘果树增产优质潜力的一个重要方面^[3]。覆盖能够提高果树树体营养^[4-6],但覆盖对苹果树养分回流的影响研究较少。养分回流使树木实现了对养分的自我保持,这对土壤养分贫瘠地区的树木生长具有非常重要的生态学意义^[7]。为此,本研究在庆阳市西峰区选择处于盛果园,对土壤表层管理措施进行优化,研究不同土壤表层管理措施在养分回流期对树体贮藏养分动态变化的影响,以期为红富士苹果园的土壤和养分管理提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验概述

试验于 2011 年 3—2011 年 12 月在庆阳市西峰区温泉乡米家堡村农户果园进行。该区位于 107°38'E, 35°44'N, 海拔 1421 m, 年均太阳辐射 563.1 kJ/cm², 日照时数 2450 h, 年均气温 8.3 °C, ≥10 °C 积温 3450 °C, 无霜期 167 d, 年均降水量 560 mm, 年蒸发量 1504.9 mm。土壤为典型的黑垆土, 质地均匀, 储水性能较好, 供试土壤基础理化性状为: 有机质 12.62 g/kg, 全氮 0.83 g/kg, 碱解氮 51.89 mg/kg, 速效磷 38.66 mg/kg, 速效钾 217.10 mg/kg, pH(水土比 5:1) 8.07。供试果树为 18 年生富士, 砧木山定子, 南北行向栽种。试验共设 3 个处理, 3 次重复, 每个重复 5 棵树。

1.2 试验设计与方法

实验共分为 3 个处理,其中 T1 处理即常规处理采用当地常规施肥及地表管理措施,不起垄,地表种植小冠花;1 年施用 3 次化肥,全年施氮 470 kg/hm^2 , $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}=1:0.54:0.95$,其中春季(3 月 27 日)施氮钾肥(尿素+8% K_2O 硅镁钾复合肥),夏季(6 月 25 日)施钾肥(硫酸钾),秋季(10 月 10 日)施氮磷钾肥(13-17-15 复合肥),有机肥采用当地的油渣,于 10 月 10 日一次性施用,施用量 3450 kg/hm^2 。T2 处理采用起垄+覆膜+施肥优化+微生物有机肥的方式,3 月 25 日沿树行向树盘起垄,垄面以树干为中线,垄面中央高 15 cm,两侧高 10 cm。然后将黑色塑料地膜直接覆盖在垄面上,覆膜宽度 180 cm,膜厚 0.008 mm;1 年施用 3 次化肥,全年施氮 525 kg/hm^2 , $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}=1:0.6:1$,其中春季(3 月 27 日)施氮钾肥(尿素+硫酸钾),分别占全年总量的 50%和 30%,夏季(6 月 25 日)施氮磷钾肥(尿素+二铵+硫酸钾),分别占全年总量的 10%、30%和 40%,秋季(10 月 10 日)施氮磷钾肥(尿素+二铵+硫酸钾),分别占全年总量的 40%、70%和 30%;有机肥采用江苏新天地生物肥料工程中心有限公司生产的微生物有机肥(爸爱我 BIO,有效活菌数 ≥ 0.5 亿/g,有机质 $\geq 25\%$, $\text{N}+\text{P}_2\text{O}_5+\text{K}_2\text{O} \geq 8\%$ 全年施用量 3600 kg/hm^2 ,春季(3 月 27 日)与秋季(10 月 10 日)各施入 50%。T3 处理采用起垄+覆草+施肥优化+微生物有机肥的方式,其中起垄方式、化肥施用和有机肥施用都与 T2 处理相同,覆草方式为将玉米收获后剩余的秸秆直接覆盖在垄面上,覆盖宽度 180 cm,覆盖厚度 15 cm。

1.3 样品的采集方法

于 10 月 20 日—11 月 24 日间每隔 7 d 进行取样。采样时,从每株果树东、西、南、北四个方向距离地面约 2m 处的树冠外围位置随机采集当年生春梢、秋梢和封顶枝各 2 个,同类型枝条混合,摘去叶片并用小刀将枝条分解为韧皮部和木质部,立即将叶片、韧皮部和木质部组织放入干燥箱, $105 \text{ }^\circ\text{C}$ 下杀青 30 min, $80 \text{ }^\circ\text{C}$ 下烘干,粉碎待用。同时在每株采样树东、西、南、北四个方位固定 1 个枝条,选取枝条中部叶(第 8—12 片或第 9—13 片)用以叶绿素含量的测定。

1.4 分析项目和测定方法

测定不同枝类、不同组织的碳素贮藏物质(可溶性糖、淀粉)和氮素贮藏物质(可溶性蛋白质和总游离氨基酸)的质量分数。可溶性糖采用蒽酮比色法,淀粉采用碘比色法,总游离氨基酸采用茚三酮比色法,可溶性蛋白质采用考马斯亮蓝 G-250 染色法^[8]。叶绿素含量采用 SPAD-502 型叶绿素测定仪(Konica Minolta, Japan),各叶避开叶脉测定。各指标均重复 3 次。

1.5 数据整理

采用 Microsoft Office Excel 2010 对数据进行处理并绘图,IBM SPSS Statistics 21 对数据进行方差分析和显著性检验。

2 结果与分析

2.1 不同土壤表层管理措施对 1 年生枝条叶片叶绿素含量的影响

叶绿素含量是植物光合作用的重要特性,是评价叶片质量的一个重要指标,它直接参与碳水化合物的合成,同时也能反映植株氮素营养水平和的衰老程度。作为评价植株的衰老过程的指标之一,叶绿素的降解量和降解速率可作为植株的长势的参考因素之一^[9]。

不同土壤表层管理措施对苹果叶片叶绿素含量的影响如图 1 所示。图 1 的结果表明,3 处理叶片叶绿素含量均表现为下降的趋势,10 月 27 日后下降幅度增大,以 T1 处理最为明显。优化处理 T2 和 T3 叶片叶绿素含量均高于 T1 处理,其中 T2 处理较 T1 处理叶绿素含量平均增加 5.53%,并于 11 月 3 日和 11 月 10 日达到显著水平,T3 处理较 T1 叶绿素含量平均增加 8.00%,养分回流期均达显著水平。两优化处理皆增强了叶片的功能,提高了叶片制造光合养分的能力。

对数据进一步计算得知(图 2),T1 处理叶片测定期间叶绿素降解速率为 0.38 SPAD/d, T2 处理为 0.25 SPAD/d, T3 处理为 0.24 SPAD/d, T2 和 T3 处理下显著降低了叶片叶绿素的降解速率,说明两种优化表层土

壤管理方式延缓了叶片的衰老速度,使叶片有更长的光合养分制造时间。优化处理间比较,T3 处理叶片叶绿素降解速率略小于 T2 处理,差异未达显著水平。

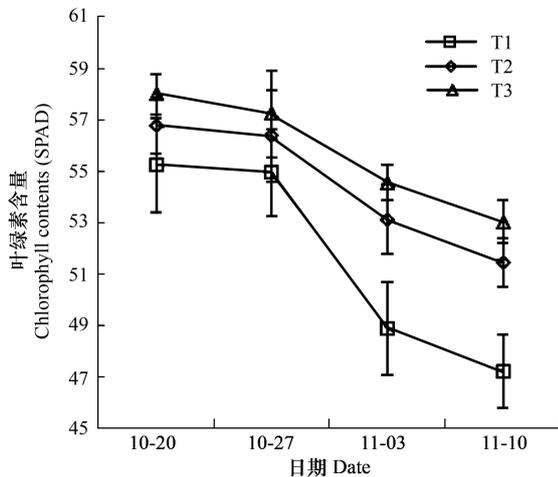


图1 不同土壤表层管理措施对苹果叶片叶绿素含量的影响

Fig. 1 Effects of different soil groundcover approaches on chlorophyll contents of apple leaves

T1: 常规处理; T2: 起垄+覆膜+施肥优化+微生物有机肥; T3: 起垄+覆草+施肥优化+微生物有机肥

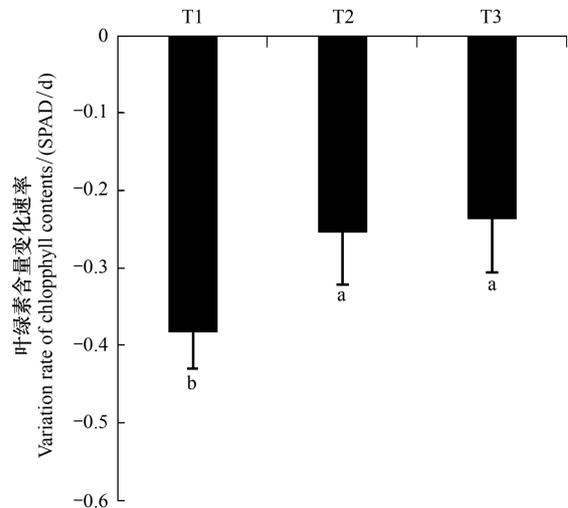


图2 不同土壤表层管理措施下苹果叶片叶绿素变化速率

Fig. 2 Variation rate of chlorophyll contents of apple leaves under different soil groundcover approaches

2.2 一年生枝条各部位碳素贮藏物质的动态变化

树体不同枝类及叶片碳素营养的多少直接影响着果树的生长发育,对果树产量和果实品质也有着显著的影响^[10]。树体内碳素营养贮藏物质的主要形式是糖和淀粉。作为植物抗逆性的重要代谢产物,可溶性糖与淀粉一直被认为是植物体内最重要的能量与物质来源,是植物在寒冷条件下积累的重要化合物,是植物重要的能量与物质来源^[11-12]。叶片是主要的碳素营养物质的生产部位,其产生、运输及同化能力不仅影响自身的发育状况,同时也影响着营养向树体的分配,进而影响树体的碳素贮藏养分^[13]。

2.2.1 一年生枝条各部位可溶性糖质量分数动态变化

一年生枝条各部位可溶性糖含量如图3所示。由图3可以看出,一年生枝条叶片可溶性糖含量呈先下降后上升的变化,其中,春梢部位叶片可溶性糖含量初始时与木质部相当,在秋梢和封顶枝初始含量高于韧皮部,说明此时可溶性糖还主要贮藏与叶片中。在11月10日叶片脱落前,叶片与韧皮部可溶性糖的变化总体一致。叶片脱落后,韧皮部可溶性糖含量开始出现下降,于11月17日到达最低值,这可能是因为叶片脱落后可溶性糖转移的路径被切断所致,11月24日可溶性糖含量又上升,可能是由于同部位淀粉水解为糖类的补充所致。木质部可溶性糖含量除11月24日外,其余时间含量均小于叶片和韧皮部,说明可溶性糖在前期并未从叶片转移至木质部中,11月24日除春梢外,秋梢和封顶枝木质部含量迅速上升,并且超过韧皮部,说明此时可溶性糖已进入枝条的中心部位转移阶段。

不同枝条类型同一部位比较,叶片可溶性糖含量在养分回流初期表现为封顶枝>秋梢>春梢,末期表现为秋梢及封顶枝均略大于春梢;韧皮部养分回流初期表现为封顶枝>秋梢>春梢,末期含量基本一致;木质部养分回流初期表现为春梢>秋梢>封顶枝,末期表现为秋梢>封顶枝>春梢。11月17日后,枝条部位可溶性糖含量均有较大幅度增长,说明糖类已经完成了从叶片到枝条的转移。优化处理T2和T3处理叶片及枝条组织中可溶性糖含量均高于T1,其中以T3处理最高。

2.2.2 一年生枝条各部位淀粉含量动态变化

一年生枝条各部位淀粉含量如图4所示。从图4中可看出,一年生枝条叶片淀粉含量始终低于韧皮部和木质部,整个养分回流过程平稳,未有明显变化。韧皮部淀粉含量在落叶前变化平稳,落叶后含量迅速上

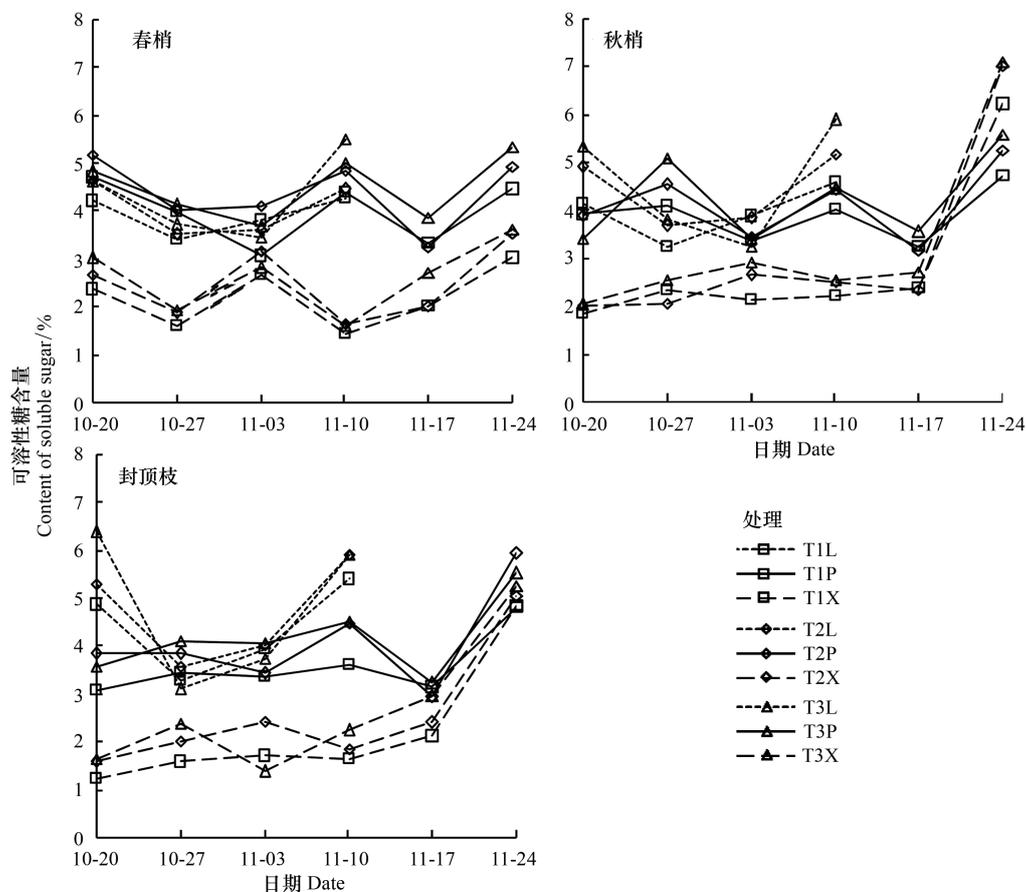


图3 一年生枝条各部位可溶性糖含量

Fig.3 Content of soluble sugar in each part of one-year-old branch

处理代码后字母 L、P、X 分别代表叶片、韧皮部、木质部

升,并在11月17日达到最大值,并在11月24日含量又下降,可能是此前大量产生的淀粉水解为糖,作为果树越冬时期更为直接的能源物质所贮藏,这与落后可溶性糖含量的变化规律相对应。木质部淀粉含量各枝条类型虽变化趋势一致,但各枝条类型变化幅度不同,其中以春梢变化平稳,秋梢变化最为剧烈,

11月3日后,淀粉含量开始上升,至11月17日时含量达到最大值,秋梢和封顶枝3个处理此时平均含量分别为8.89%、8.13%,远高于春梢5.05%的含量水平,同韧皮部一样,11月24日木质部淀粉含量也出现下降,说明木质部淀粉含量受韧皮部的影响,二者变化大体保持一致,最终木质部淀粉含量要高于韧皮部,淀粉在果树枝条内表现为中心积聚。

不同枝条类型同一部位比较,叶片淀粉含量各枝类未有显著差异,质量分数均在1%左右;韧皮部淀粉含量落叶前各枝类含量相当,落叶后封顶枝含量略大于春梢与秋梢;除春梢外,秋梢及封顶枝木质部淀粉含量显著高于叶片及韧皮部(11月24日除外),养分回流期表现为秋梢>封顶枝>春梢。与可溶性糖含量相似,T2和T3处理叶片及枝条组织中淀粉含量也高于T1,其中以T3处理最高。

2.3 一年生枝条各部位氮素贮藏物质动态变化

果树对树体中的氮素贮藏氮素营养物质有着较长时间重复利用的特性^[14]。对于果树来说,秋后从叶片回撤到树体中氮素营养的高低对来年器官的分化、果树的丰产稳产有着重要的作用^[15]。氮素化合物的积累与树体的抗寒性有关^[16],且氮素化合物的存在能够对碳素贮藏物进行调节,同时,其也是衡量树体营养水平的指标之一^[17]。作为主要的氮素贮藏形式,氨基酸与蛋白质之间不断地进行相互转化。

2.3.1 一年生枝条各部位总游离氨基酸质量分数动态变化

一年生枝条各部位总游离氨基酸含量如图5所示。在图5中,各枝条类型叶片总游离氨基酸含量变化

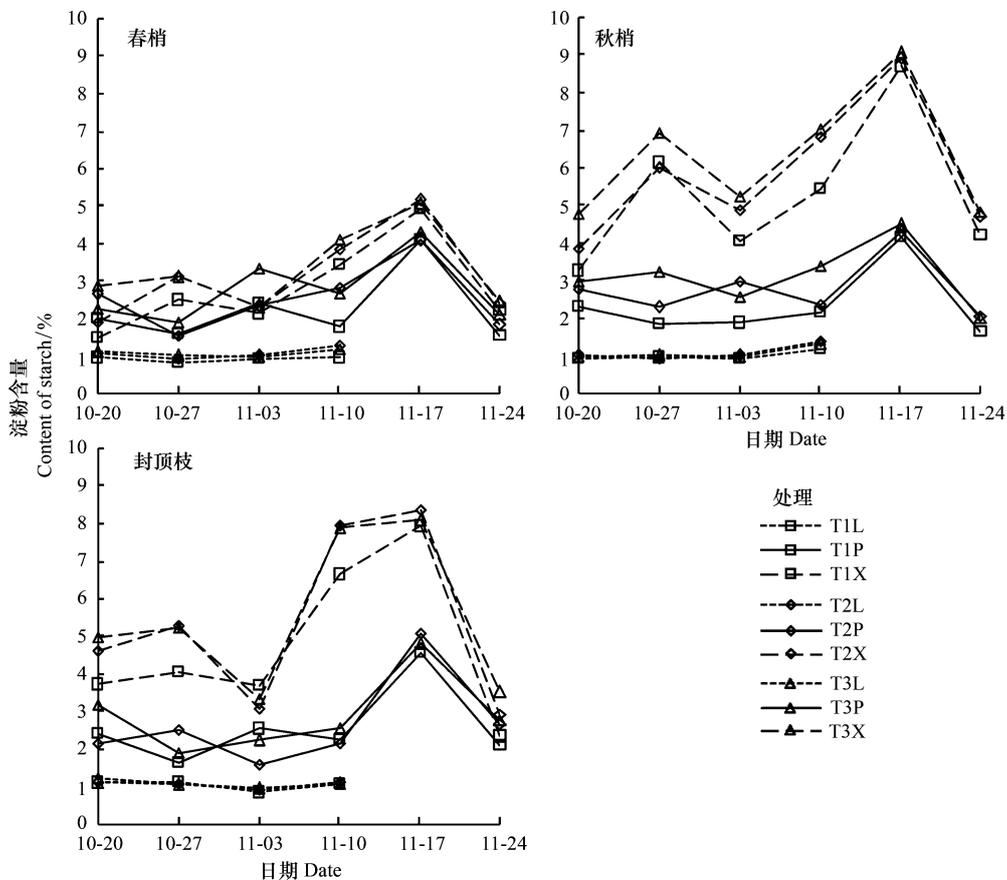


图 4 一年生枝条各部位淀粉含量

Fig.4 Content of starch in each part of one-year-old branch

规律总体一致,均表现为“下降—上升—再下降”的特点,但不同枝条类型含量变化幅度不同,以春梢变化幅度最大,封顶枝次之,秋梢较为平稳。春梢韧皮部总游离氨基酸含量在落叶前期经历了“下降—稳定—上升”的变化,落叶时含量恢复到回流初期的水平,落叶后轻微下降,秋梢和封顶枝韧皮部在落叶前期变化规律与春梢相同,但变幅不同,落叶后含量总体呈上升趋势。木质部总游离氨基酸含量在落叶前期各处理表现不一,落叶后春梢呈现总体上升的趋势,而秋梢和封顶枝含量先急剧升高,在 11 月 17 日达到最大值,之后又急剧下降,表明此时氨基酸已完成叶片向枝条的转移过程,后期韧皮部与木质部含量的下降可能是由于游离氨基酸开始向主干回流及部分氨基酸合成蛋白质所致。

不同枝条类型同一部位比较,叶片总游离氨基酸含量表现为封顶枝>秋梢>春梢;韧皮部养分回流前期各枝类总游离氨基酸质量分数相当,后期表现为秋梢与封顶枝相当,略大于春梢;木质部总游离氨基酸质量分数落叶前 T2 与 T3 处理相当,封顶枝最小,而 T1 处理秋梢略大于春梢,且春梢各处理间含量差异较秋梢大,落叶后,11 月 17 日含量表现为秋梢>封顶枝>春梢,末期表现为春梢>秋梢>封顶枝。整个变化过程中,T2 和 T3 处理叶片及枝条组织中总游离氨基酸含量高于 T1,但不同优化处理间对总游离氨基酸含量的提升程度表现不一,未见明显规律。

2.3.2 一年生枝条各部位可溶性蛋白质质量分数动态变化

一年生枝条各部位可溶性蛋白质含量如图 6 所示。从图 6 中可以看出,叶片可溶性蛋白质含量在养分回流过程中表现为持续升高的变化,落叶时达到最高,这与叶片氨基酸含量后期下降呈对应关系,表明此时叶片中氨基酸一部分已经合成为蛋白质。春梢韧皮部蛋白质含量养分回流初期高于叶片,此后含量呈下降的趋势并,叶片脱落后,蛋白质含量下降幅度增大,特别是春梢,各枝类韧皮部蛋白质含量在 11 月 17 日达到最低,

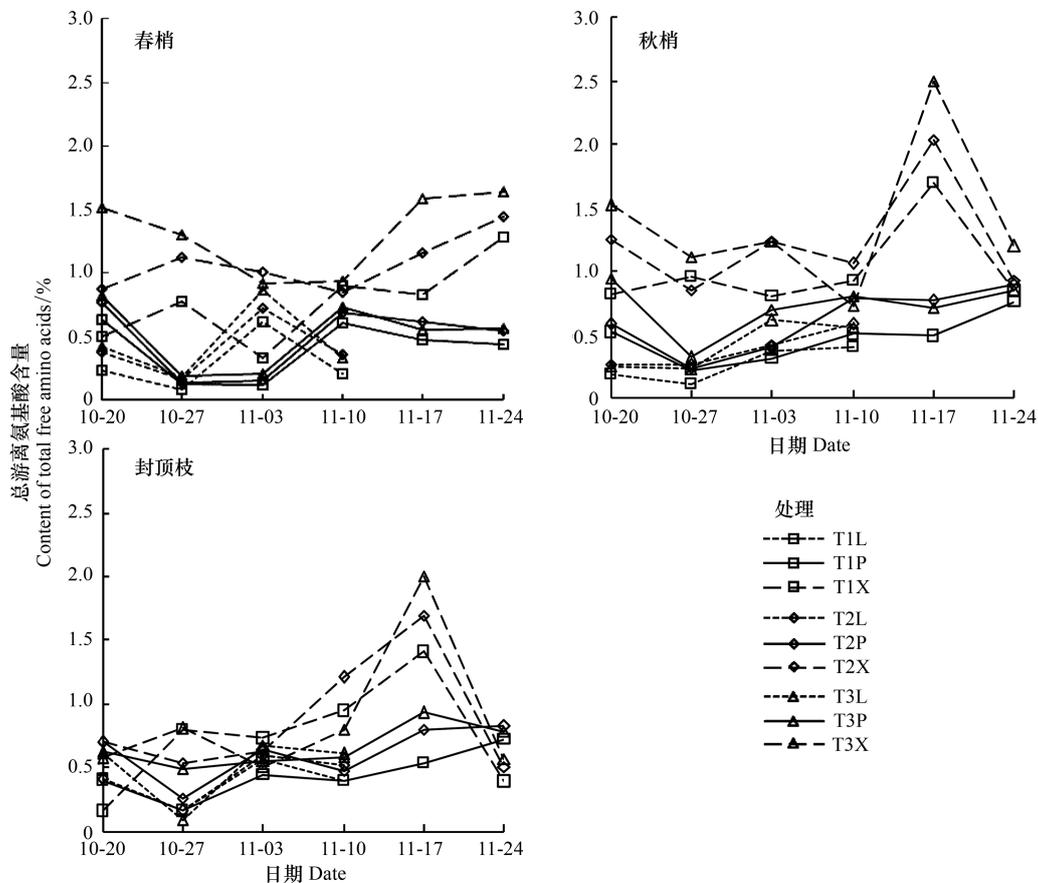


图5 一年生枝条各部位总游离氨基酸含量

Fig.5 Content of total free amino acid in each part of one-year-old branch

之后又迅速上升,上升幅度表现为春梢>封顶枝>秋梢。木质部可溶性蛋白质含量养分回流初期维持在一个很低的水平,此后变化趋势与韧皮部刚好相反,说明该过程中,枝条蛋白质从韧皮部向木质部转移,11月17日是,木质部与韧皮部蛋白质含量出现交叉,此时木质部蛋白质含量也达到最大值,此后木质部蛋白质含量又出现下降,这可能是由于后期部分蛋白质向主干和韧皮部转移的结果。

不同枝条类型同一部位比较,叶片可溶性蛋白质含量表现为春梢最大,秋梢与封顶枝含量相当;韧皮部养分回流前期各枝类可溶性蛋白质质量分数基本保持一致,落叶后表现为春梢>封顶枝>秋梢;木质部可溶性蛋白质质量分数落叶前含量基本一致,后期表现为秋梢>春梢>封顶枝。与总游离氨基酸含量相同,T2和T3处理叶片及枝条组织中可溶性蛋白质含量也高于T1,T3处理可溶性蛋白质含量在春梢各器官和组织中含量要大于T2才处理,但于秋梢和封顶枝间两处理间并未有明显的规律。

3 讨论和结论

树木摄取的各种所需养分,在体内不同器官中积累和重新分配后参与各种生命代谢过程后一部分养分随叶、花、果、枝条等器官的凋落,另一部分养分则随树木的生长发育,由衰老器官不断向幼嫩器官交换和转移,进入养分的生物化学循环,实现了养分的最大程度利用^[18]。养分回流是北方落叶果树落叶前将叶片及稍端部分养分转移到树体贮藏组织中的过程,在减少养分损失的同时为来年果树生长发育储备必需的营养物质。养分回流使落叶果树实现了对养分的自我循环代谢,对土壤养分贫瘠地区的果树生长具有重要的生态学意义^[19]。苹果树体的养分回流受不同土壤表层管理制度的影响^[20],而良好的果园土壤表层管理不仅是现代苹果产业的重要技术特征,也是果树综合管理的基础,其目的是通过适宜的耕作制度和技术措施,为果树根系

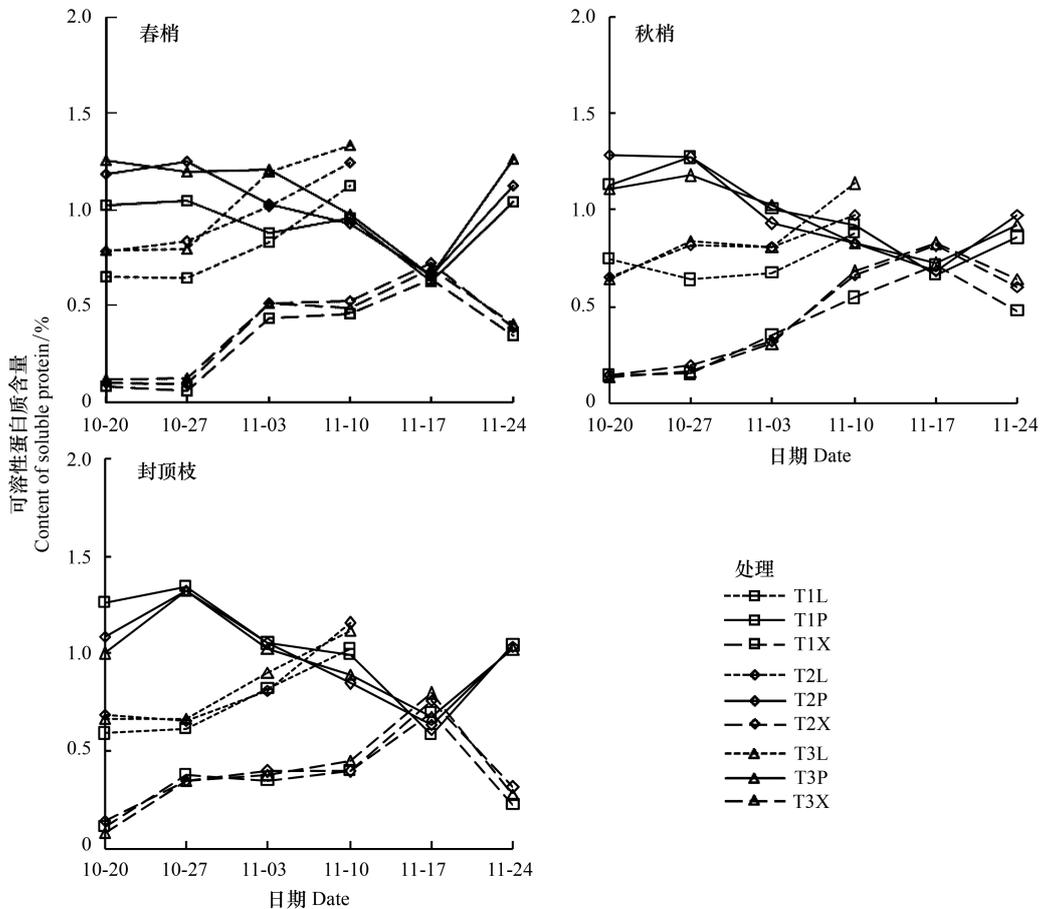


图 6 一年生枝条各部位可溶性蛋白质含量
 Fig.6 Content of soluble protein in each part of one-year-old branch

生长发育提供良好的土壤生态环境,实现果品的优质高产。

3.1 不同土壤表层管理方式下养分回流的特性

提高果树的贮藏营养水平,减少越冬期果树树体养分的无效消耗是提高果树产量、提升果品品质的重要技术原则和主攻方向之一,贮藏营养不仅能够增强果树自身对冬季低温胁迫的适应和忍耐能力,也能够保证来年下一个周期的物质和能量供应^[21]。而果园覆膜和果园覆草作为两大果园土壤表层管理方式,可以为果树的生长发育提供良好的地下环境,改善土壤的生态肥力,增强根系对养分的吸收,提高树体代谢机能,延长叶片光合作用时间,为果树提供更多光合养分用于贮藏,用以提高来年春季果树根系对养分的吸收,促进地上部花、叶和新梢等器官的形成和发育。有研究认为覆草虽增强了叶片和枝条的功能,但由于树体活力和养分累积量的消耗大于不覆盖的果树,从而造成元素含量测定值偏小,但 Neilsen 等^[22]认为这并不表明覆盖会使树体养分流失。本研究结果表明,果树当年枝条秋季养分回流过程中养分的运输和转化受到了不同土壤表层管理方式的影响, T3 处理与 T2 处理相比,枝条组织中碳素贮藏养分略高,而氮素贮藏物质 T2 和 T3 处理相当,因此在本研究条件下,覆草处理的总体效果要优于覆膜处理。本试验研究了不同土壤表层管理方式下果树碳素及氮素养分的回流过程及规律,但与之代谢相关的酶类和激素等还有待做进一步的研究,试图找出回流期间各个因素的相关性,同时,鉴于本试验仅进行 1a,不同覆盖方式虽较常规增加了树体贮藏养分的水平,但处理之间的效应并未明显显现,长期土壤优化条件下对树体贮藏养分水平和变化规律的影响也有待进一步地探究。

3.2 不同器官和组织中养分回流规律

养分在一年生各枝类中的含量有所不同,各枝类组织中养分回流的变化也不同。束怀瑞的研究表明,果

树体可溶性糖在落叶前主要存在于枝条及树干中,而落叶后则主要在根系中贮存,淀粉则表现为根系>枝条木质部>枝条韧皮部的结果^[23]。氮素养分的主要贮藏部位是细枝和树干的皮层,在秋冬季,根系中贮藏的氮与地上部具有同等重要的作用^[24]。本研究发现,可溶性糖和可溶性蛋白质含量后期表现为韧皮部>木质部,表现为表皮积聚的特征,初步判断这可能与树体对寒冷的适应性有关,此类养分在枝条韧皮部的积累,可以第一时间对抗低温对果树造成的伤害。而淀粉与总游离氨基酸含量后期木质部含量>韧皮部,表现为中心积聚。这与上述研究结果基本一致。本研究也发现,淀粉与总游离氨基酸含量养分回流后期含量出现下降,甚至小于回流初期,可能是养分继续向主干和根系回流的结果。

3.3 不同枝条类型对养分回流的影响

一年生不同枝条类型营养物质的变化规律也不一致。一般来说,长枝能够反映出果树当前的营养状况,而对春秋稍生长的调控则是影响根系、成花及营养物质交换能力的关键。本研究结果表明,果树营养回流过程中可溶性糖、淀粉、总游离氨基酸、可溶性蛋白质含量总体表现为秋梢>封顶枝>春梢,这与赵德英^[25]的研究结果相似。潘增光的研究结果表明,秋梢生长过旺,形成较多较大的叶片,会消耗大量的碳水化合物,使得树体内该类养分始终处于较低的水平,而稳定型的秋梢后期生长量小,并且能够及时停长,避免了后期对养分的过多消耗,且其上的叶片有着较强的光合功能,能够产生更多营养物质在树体贮藏^[24]。因此,从果树生产上来说,在调控以抑制过旺生长的秋梢的同时,要注意适当保留生长稳定、有节奏的秋梢,以利于秋冬季树体营养物质的积累。

致谢:本文实验过程中得到王兴社的帮助,特此致谢。

参考文献(References):

- [1] 王锦锋, 范宗珍. 陇东苹果标准化生产技术. 杨凌: 西北农林科技大学出版社, 2012.
- [2] 高茂盛, 廖允成, 李侠, 黄金辉. 不同覆盖方式对渭北旱作苹果园土壤贮水的影响. 中国农业科学, 2010, 43(10): 2080-2087.
- [3] 孙文泰, 赵明新, 尹晓宁, 董铁, 刘兴禄, 牛军强, 马明. 陇东旱地果园地表覆盖方式对苹果光合特性的影响. 干旱地区农业研究, 2013, 31(3): 19-60.
- [4] 张义, 谢永生, 郝明德, 摄晓燕. 不同地表覆盖方式对苹果园土壤性状及果树生长和产量的影响. 应用生态学报, 2010, 21(2): 279-286.
- [5] 赵长增, 陆璐, 陈伯鸿. 干旱荒漠地区苹果园地膜及秸秆覆盖的农业生态效应研究. 中国生态农业学报, 2004, 12(1): 155-158.
- [6] 王中英, 张玉龙, 刘和, 牛铁泉, 冯锦泉. 果园秸秆覆盖时土壤及树体水分与光合速率的关系. 果树科学, 1995, 12(2): 75-78.
- [7] 李志安, 王伯荪, 林永标, 曾友特. 植物营养转移研究进展. 武汉植物学研究, 2000, 18(3): 229-236.
- [8] 邹琦. 植物生理学实验指导. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [9] 钱育蓉, 杨峰, 李建龙, 干晓宇, 杨齐, 王卫源. 利用高光谱数据快速估算高羊茅牧草光合色素的研究. 草业学报, 2009, 18(4): 94-102.
- [10] 王仲春. 苹果幼树碳素同化物运转特性研究——I. 周年运转特性. 山东农业大学学报, 1986, 17(2): 47-56.
- [11] 赵江涛, 李晓峰, 李航, 徐睿恣. 可溶性糖在高等植物代谢调节中的生理作用. 安徽农业科学, 2006, 34(24): 6423-6427.
- [12] 刘艳, 李晓燕, 王丽雪, 王有年. 苹果枝条冬季淀粉粒动态变化与抗寒力的关系. 内蒙古农业大学学报: 自然科学版, 2006, 27(2): 79-83.
- [13] 李六林, 杨佩芳, 田彩芳, 朱霄飞, 崔汝光. 苹果叶片中碳素同化物代谢的研究. 山西农业科学, 2003, 31(3): 52-55.
- [14] 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.
- [15] 樊红柱, 同延安, 吕世华, 刘汝亮. 苹果树体氮含量与氮素积累的年周期变化. 中国土壤与肥料, 2008, (4): 15-17.
- [16] 张彦昌, 赵德英. 果树氮素贮藏营养研究进展. 山西农业科学, 2009, 37(1): 88-91.
- [17] 孙俊, 章镇, 盛炳成. 落叶果树的氮循环. 园艺学进展(第二辑), 1998: 30-34.
- [18] 王文卿, 林鹏. 树木叶片衰老过程中养分元素内吸收研究. 武汉植物学研究, 1999, 17(S1): 117-122.
- [19] 刘增文, 陈凯, 米彩虹, 李茜. 陕西关中地区常见树种落叶前 N、P、K 养分回流现象的研究. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2009, 37(12): 98-104.
- [20] 赵德英, 吕德国, 刘国成, 秦嗣军, 马怀宇, 成文博. 不同土壤管理制度对‘寒富’苹果树体养分回流的影响. 东北林业大学学报, 2009, 37(4): 18-21.
- [21] 张福锁. 养分资源综合管理理论与技术概论. 北京: 中国农业出版社, 2006.
- [22] Neilsen G H, Hogue E J, Forge T, Neilsen D, Kuchta S. Nutritional implications of biosolids and paper mulch applications in high density apple orchards. Canadian Journal of Plant Science, 2007, 87(3): 551-558.
- [23] 束怀瑞. 果树栽培生理学. 北京: 农业出版社, 1993.
- [24] 曾骧, 韩振海, 郝中宁. 果树叶片氮素贮藏和再利用规律及其对果树生长发育的影响. 北京农业大学学报, 1991, 17(2): 97-102.
- [25] 潘增光, 束怀瑞. 苹果秋梢类型及其与树体营养状况的关系. 果树科学, 1996, 13(2): 75-78.