SOD_M、DTA－6 及 Cc 对马铃薯叶片碳代谢相关生理指标的影响

项洪涛[1,2],孙巨峰[1,3],冯乃杰[1],杜吉到[1],马凤鸣[4],郑殿峰[1]

(1.黑龙江八一农垦大学农学院,黑龙江 大庆 163319;2.黑龙江省农业科学院耕作栽培研究所,黑龙江 哈尔滨 150086;
3.哈尔滨虹桥第一学校,黑龙江 哈尔滨 150096;4.东北农业大学,黑龙江 哈尔滨 150030)

摘 要:大田栽培条件下,以马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)荷兰 212 为材料,叶面喷施不同植物生长调节剂,测定叶片中蔗糖、蔗糖转化酶活性、淀粉、淀粉酶活性变化以及可溶性糖、还原糖等含量的变化,研究喷施植物生长调节剂对马铃薯叶片碳代谢生理指标的影响。结果表明:喷施 SOD 模拟物(简称 SOD_M)后 16 天叶片中可溶性糖、蔗糖以及淀粉的含量显著提高,24 天和 32 天后还原糖含量明显增加;氯化胆碱(Choline chloride,简称 Cc)能够极显著降低处理后 32 天时叶片的转化酶活性,也可以显著提高处理后 24 天和 32 天时还原糖的含量;2－N,N－二乙氨基乙基己酸酯(Diethyl aminoethyl hexanoate,简称 DTA－6)能够极显著提高使用后 16 天时淀粉的含量,同时其对处理后 24～32 天淀粉酶活性有极显著降低的作用。

关键词:植物生长调节剂;马铃薯叶片;碳代谢

中图分类号:S482.8;S532.01 **文献标志码**:A **文章编号**:1000-7601(2014)01-0166-05

Effects of SOD_M, DTA－6, and Cc on carbon metabolism of potato leaves

XIANG Hong-tao[1,2], SUN Ju-feng[1,3], FENG Nai-jie[1], DU Ji-dao[1], MA Feng-ming[4], ZHENG Dian-feng[1]

(1. *College of Agronomy, HLJ Bayi Agricultural University, Daqing* 163319, *Heilongjiang, China*;
2. *Crop Tillage and Cultivation Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin*, 150086 *Heilongjiang, China*;
3. *Hongqiao No*.1 *Primary School of Harbin, Harbin*, 150096 *Heilongjiang, China*;
4. *Northeast Agricultural University, Harbin*, 150030 *Heilongjiang, China*)

Abstract: A field experiment with one potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivar Holand－212 were used to investigate the differences in activities of invertase and amylase, and the contents of sucrose, starch, reduced sugar, and soluble sugar in potato leaves among three treatments of spraying SOD simulation material (SOD_M), choline chloride (Cc) and diethyl aminoethyl hexanoate (DTA－6). The results showed that, compared with CK, the content of soluble sugar, sucrose, and starch were increased for SOD_M treatment 16 d after spraying, which also significantly improved the reduced sugar content from the 24 th to the 32nd day after spraying. Further, the effect of Cc treatment showed significantly reduced activities of invertase 32 d after spraying. On the other hand, Cc treatment exhibited similar effect on reduced sugar as SOD_M treatment from the 24 th to the 32nd day after spraying. In addition, DTA－6 increased starch content on the 16th day after spraying, and decreased the activities of amylase from the 24 th to the 32 th day after spraying.

Keywords: plant growth regulator; potato leaves; carbon metabolism

碳代谢是植物体内有机物质的合成、转化和降解的代谢过程[1]。植物从环境吸收水分及二氧化碳等,然后把这些简单的、低能量的无机物质合成复杂的、具有高能量的有机物质,并利用这些物质来建造自己的细胞、组织和器官,或作为呼吸消耗的底物,或作为贮存物质贮藏于果实、种子和延存器官基本的生理代谢,碳代谢在作物生育过程中的动态变化和强度对作物产量和品质的形成将产生重大影

收稿日期:2013-01-20

基金项目:国家科技支撑计划资助项目(2006BAD21B01);黑龙江省大庆市科技攻关项目(SGG2007－054);黑龙江省西部地区马铃薯综合高产栽培技术示范推广项目(PC07B09)

作者简介:项洪涛(1982—),男,黑龙江呼兰人,博士,主要从事作物化控及马铃薯生理研究。E-mail:xianght@163.com。

通信作者:郑殿峰(1969—),男,黑龙江龙江人,博士生导师,教授,主要从事作物化控及作物生理研究。E-mail:zhengdianfeng@hlau.cn。

响[2]。植物生长调节剂在调控植物碳水化合物的代谢过程中有极重要的作用[3],Stephen 和 Brown 研究表明,2－N,N－二乙氨基乙基己酸酯(Diethyl aminoethyl hexanoate,简称 DTA－6)在低浓度下(1～40 $mg\cdot kg^{-1}$)对多种植物有调节和促进生长的作用,可以促进碳水化合物代谢和物质积累,显著提高产量,并能改善作物品质[4-5]。黄少华等研究表明氯化胆碱浸种处理油菜,可明显促进油菜地上部干物质积累[6],李莹等提出植物生长调节剂可以不同程度提高石蒜鳞茎中的可溶性糖含量[7],赵黎明等对大豆的研究表明 DTA－6 和 SOD 模拟物(简称 SOD_M)能够明显提高叶片内的可溶性糖含量[8]。

SOD_M 是一种以同源多肽为 SOD 酶的有机配体,经水解成为具有两亲分子的多肽水溶液与过渡金属反应,提纯制成高纯度多肽过渡金属盐的金属蛋白酶,再与其他金属蛋白酶复配成具有 SOD 活性的小分子化学物质——SOD_M,它在清除动植物体内过多的超氧化自由基的效果方面与 SOD 相同。赵黎明试验表明 SOD_M 抑制大豆荚皮中淀粉的积累[9],宫占元提出 SOD_M 能显著提高马铃薯块茎淀粉含量[10]。氯化胆碱(Choline chloride, 简称 Cc)是一种季胺盐,在植物体内能够转化为甜菜碱或磷脂酰胆碱[11],磷脂酰胆碱是生物膜的重要组成部分,可以作为酰基膜脂去饱和的底物,在调节膜脂的流动性方面起重要作用[12-13]。张立明等认为 Cc 浸根处理能够改变甘薯源、库器官多种激素的含量水平,有效延缓叶片的衰老,延长叶片功能期,控制甘薯地上部的群体并防止茎叶的徒长,使地上部茎叶的生长与地下部块根的膨大更为协调。有利于块根产量的提高[14]。DTA－6 是一类新型、广谱性植物生长促进剂,具有高度安全性[9]。有报道提出 DTA－6 处理能够明显提高花生根系还原力[15],王俊平等研究表明 DTA－6 处理可以提高苜蓿叶片和茎秆中的粗蛋白含量,而且能够提高叶片中含硫氨基酸和必需氨基酸总量,降低茎秆中含硫氨基酸和必需氨基酸总量[16]。本试验以喷施植物生长调节剂为手段,以马铃薯品种荷兰－212 为材料,旨在通过喷施不用类型的植物生长调节剂 SOD_M、Cc 以及 DTA－6 来探讨植物生长调节剂对马铃薯叶片碳代谢相关生理指标的影响。

1　材料与方法

试验于 2008 年在黑龙江八一农垦大学林甸试验基地进行,试验田土壤含碱解氮 178.50 $mg\cdot kg^{-1}$、速效磷 25.40 $mg\cdot kg^{-1}$、速效钾 257.40 $mg\cdot kg^{-1}$、有机质 30.8 $g\cdot kg^{-1}$,pH 值 7.88。采用大田叶面喷施方式,以清水为对照(文中用 CK 表示),调节剂分别为 SOD 模拟物(简称 SOD_M)、氯化胆碱(Choline chloride,简称 Cc)和 2－N,N－二乙氨基乙基己酸酯(Diethyl aminoethyl hexanoate,简称 DTA－6),使用浓度分别为 6.67 $ml\cdot L^{-1}$、200 $mg\cdot L^{-1}$和 100 $mg\cdot L^{-1}$,公顷用量均为 225 L,于始花前期喷施。小区为 8 行区,行距为 65 cm,株距为 23 cm。试验随机区组设计,3 次重复。参试马铃薯品种为荷兰－212。

喷施调节剂后每隔 7 天取一次样,共取 6 次样。每个小区选取有代表性植株 10 株,取有代表性均匀度一致的植株叶片进行试验。采用何钟佩方法测定转化酶活性[17];采用微量滴定法测定淀粉酶活性[18];还原糖含量使用 3,5－二硝基水杨酸法进行测定[19];可溶性糖、蔗糖以及淀粉含量,使用硫酸蒽酮滴定法测定[20]。

2　结果与分析

2.1　植物生长调节剂对马铃薯叶片可溶性糖含量的影响

植物叶片可溶性糖反映了体内作为有效态营养物的碳水化合物和能量水平,体现了植物体内碳水化合物的合成及运输情况,其浓度高低直接决定源端对库端的供应能力[2]。如图 1 所示,DTA－6 处理的可溶性糖含量在取样后期都高于对照,说明其对马铃薯叶片可溶性糖在生育后期具有稳定的促控作用。在喷施后 8 天,SOD_M 处理可溶性糖含量为对照的 1.17 倍,DTA－6 和 Cc 处理则分别为对照的 96.85%和 93.97%,在喷施后 16 天时各处理含量高低顺序为 SOD_M > Cc > DTA－6 > CK,经过方差分析可知各处理在此时的可溶性糖含量都极显著高于对照。Cc 处理在喷施后 32 天率先达到峰值,而后表现为下降的趋势,而其他二种处理以及对照在喷施后 40 天达到峰值之后才表现为下降的趋势。其中在喷施后 40 天,各处理可溶性糖含量的高低顺序是 DTA－6 > SOD_M = CK > Cc,经过方差分析可知各处理之间没有显著差异。此后由于各处理及对照下降幅度不同,到喷施后 48 天各处理与对照之间可溶性糖含量的高低次序变为 DTA－6 > CK > Cc > SOD_M,说明此阶段 SOD_M 处理能够促进叶片内可溶性糖的利用与转化,但经方差分析可知此时期各处理之间没有明显差异。

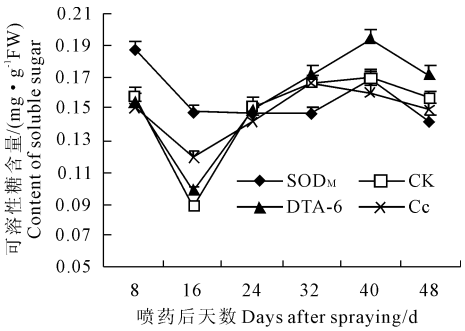

图 1 植物生长调节剂对马铃薯叶片可溶性糖含量的影响

Fig.1 Effect of PGRs on content of soluble sugar in potato leaves

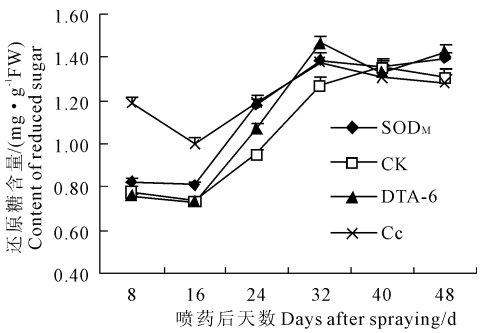

图 2 植物生长调节剂对马铃薯叶片还原糖含量的影响

Fig.2 Effect of PGRs on content of reduced sugar in potato leaves

2.2 植物生长调节剂对马铃薯叶片还原糖含量的影响

由图 2 可知,植物生长调节剂对马铃薯叶片还原糖含量具有一定的调控效应。不同取样时期各处理与对照的还原糖含量之间存在一定的差异,其中 SOD_M 和 Cc 处理在喷施后的 32 天内,还原糖含量都高于对照,经过方差分析可知在喷施后 24 ~ 32 天,SOD_M 处理极显著高于对照,Cc 处理也达到显著高于对照的水平。整体来看,SOD_M 和 Cc 处理对马铃薯叶片还原糖含量的影响主要集中在施用后的前段时间,这对马铃薯植株的营养生长有利,为壮苗壮根提供充足的养分供给,为高产优质奠定基础。

2.3 植物生长调节剂对马铃薯叶片蔗糖含量的影响

如图 3 所示,各处理与对照的叶片蔗糖含量都为“下降—上升—下降—上升”的变化规律。在喷施后 16 天蔗糖含量的高低次序为 SOD_M > CK > DTA – 6 > Cc,经过方差分析可知 SOD_M 处理极显著高于对照,而后各处理及对照都开始上升,到喷施后 32 天,各处理及对照均达到一次峰值,此时蔗糖含量的高低顺序为 CK > SOD_M > DTA – 6 = Cc,说明各处理都能促进此时期叶片蔗糖的消耗利用,方差分析结果表明各处理在此时无明显差异。在喷施后 32 天到 40 天之间,各处理表现为下降的趋势,但与对照下降的幅度不相同,下降幅度高低顺序为 CK(41.37%) > SOD_M(38.86%) > Cc(33.19%) > DTA – 6(13.05%),说明各处理能够抑制蔗糖含量下降的速率。之后各处理及对照蔗糖含量开始上升,到喷施后 48 天蔗糖含量的高低次序为 DTA – 6 > Cc > CK > SOD_M。各处理对马铃薯叶片蔗糖含量的调控效应不一致,DTA – 6 和 Cc 处理表现为提高的效应,而 SOD_M 则表现为抑制蔗糖含量增加的效应。

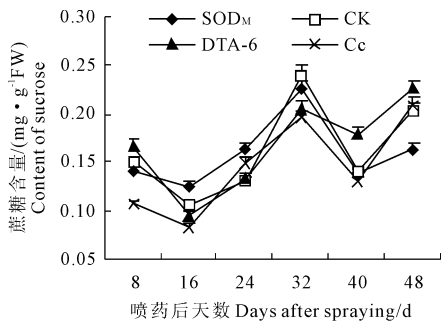

图 3 植物生长调节剂对马铃薯叶片蔗糖含量的影响

Fig.3 Effect of PGRs on content of sucrose in potato leaves

2.4 植物生长调节剂对马铃薯叶片蔗糖转化酶活性的影响

由图 4 可知,喷施后 8 天,Cc 处理较对照的转化酶活性高出 27.38%,而其他处理与对照之间差异不大。到了喷施后 16 天,表现为 SOD_M 处理活性最高,较对照高出 78.31 个百分点,另外二个处理与对照之间差异不大。此后两个取样时期各处理与对照都表现为上升的趋势,在喷施后 32 天 Cc 处理转化酶活性最低,经过方差分析可知其与对照之间差异极显著,而另外两个处理与对照之间没有差异。到了喷施后 40 天,各处理的转化酶活性高低为 CK > SOD_M > Cc > DTA – 6,可以看出各处理在此时期的转化酶活性都较对照要低,但经过方差分析可知各处理之间差异不显著。而在取样后期,各处理转化酶活性均较前一时期增加,但是对照却表现为下降的趋势,说明植物生长调节剂能够在此时期促进马铃薯叶片内转化酶活性的表达,这对叶片内蔗糖的分解具有很好的调控效应,对马铃薯后期块茎内淀粉积累极其有利,为获得良好品质的块茎奠定基础。

2.5 植物生长调节剂对马铃薯叶片淀粉含量的影响

如图 5 所示,各处理淀粉含量都表现为“下降—上升—下降”的变化规律。喷施后 8 天,Cc 处理淀粉含量较对照略高,SOD_M 处理淀粉含量较对照略低,而 DTA – 6 处理的调控效应比较明显,它抑制了

淀粉的积累能力,其含量仅为对照的 77.89%。处理后 16 天各处理淀粉含量相差较多,经过方差分析可知 SOD_M 和 DTA－6 处理都极显著高于对照。喷施后 24 天各处理与对照之间的高低顺序为 SOD_M > CK > DTA－6 > Cc,而后各处理淀粉含量开始上升,一直持续到喷施后 40 天,但是对照的上升趋势只持续了一个取样时期,即从喷施后 24～32 天,之后开始下降。在喷施后 40 天各处理与对照之间的高低次序为 Cc > SOD_M > CK > DTA－6,其中 Cc 处理较对照高出18.55%,而 DTA－6 处理此时淀粉含量仅为对照的91.82%。在喷施后 40～48 天之间,各处理与对照都表现为下降的趋势,各处理下降顺序依次为 SOD_M(23.57%) > Cc(20.80%) > CK(17.15%) > DTA－6(15.85%),可以看出在生育末期 SOD_M 和 Cc 处理能够促进叶片内淀粉的转化,而 DTA－6 处理则表现出相反的调控效应。

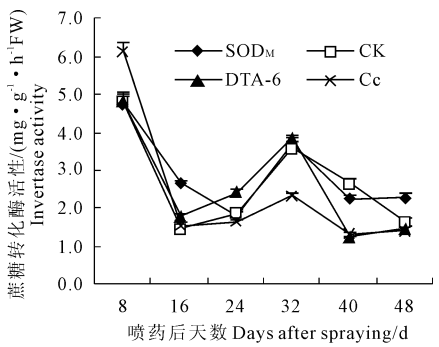

图 4　植物生长调节剂对马铃薯叶片蔗糖转化酶活性的影响

Fig.4　Effect of PGRs on invertase activity in potato leaves

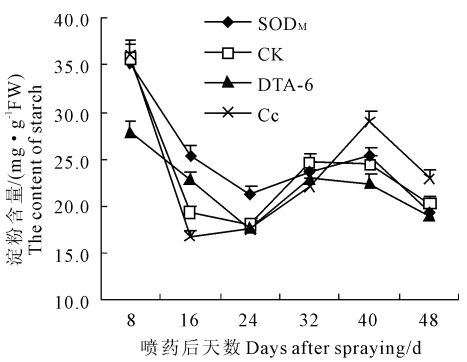

图 5　植物生长调节剂对马铃薯叶片淀粉含量的影响

Fig.5　Effect of PGRs on starch content in potato leaves

2.6　植物生长调节剂对马铃薯叶片淀粉酶的影响

由图 6 可知,喷施后 8 天,各处理的活性高低顺序为 CK > SOD_M > DTA－6 > Cc,说明各处理在施用初期都能够延缓叶片内淀粉酶活性的表达,由于各处理与对照淀粉酶活性上升的幅度不一致,到了喷施后 16 天,各处理与对照之间活性高低的顺序变为 Cc > DTA－6 > CK > SOD_M,可以看出在此阶段 Cc 和 DTA－6 处理提高淀粉酶活性的幅度较大。随着生育期的推移,各处理均表现为下降的趋势,至喷施后 24 天,各处理与对照都达到第一次谷值,经过方差分析可知此时期 DTA－6 处理的淀粉酶活性显著低于对照。之后两个阶段,各处理与对照都表现为不同程度上升,到了喷施后 40 天各处理淀粉酶活性的高低次序变为 Cc > CK > DTA－6 > SOD_M。而后各处理及对照的淀粉酶活性值开始下降,方差分析可知在喷施后 32 天时,DTA－6 处理的淀粉酶活性显著低于对照,而其他两个处理与对照之间差异不显著。从喷施后 40～48 天,各处理活性下降的幅度不同,其下降幅度高低顺序为 Cc(53.53%) > DTA－6(52.59%) > CK(40.69%) > SOD_M(38.14%),说明 Cc 和 DTA－6 处理能够促进淀粉酶活性下降的速率,而 SOD_M 处理的调控效应不大。

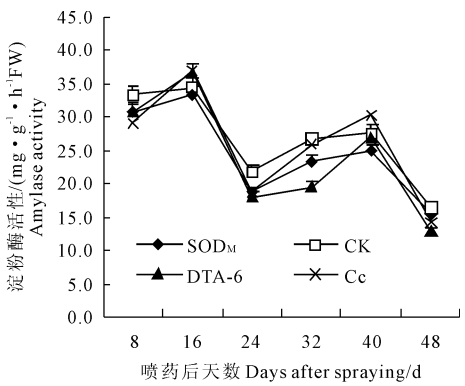

图 6　植物生长调节剂对马铃薯叶片淀粉酶活性的影响

Fig.6　Effect of PGRs on amylase activity in potato leaves

3　讨　论

马铃薯叶片制造的光合产物主要以蔗糖的形式通过韧皮部运入块茎,作为高等植物光合作用的主要产物,蔗糖是碳代谢运输的主要形式,也是“库”代谢的主要基质[21]。蔗糖也是许多果实中糖积累的主要形式,是果实品质形成的重要因子,Smeekens 曾提出在植物体内运输的蔗糖具有信号功能,可以使一些基因被诱导,使另一些基因被阻遏[22]。过多的蔗糖在“源”中,可导致与光合作用相关的一些基因表达水平降低。一般认为蔗糖的运输主要是由蔗糖梯度所致,而在植物体内蔗糖梯度的形成与蔗糖转化酶有关[23],Sturm 和 Tang 认为是细胞壁转化酶在源与库之间形成了一个蔗糖梯度[24]。Bachelier 等认为处在细胞壁中的转化酶能调节蔗糖从韧皮部卸出,并且控制蔗糖吸收速度,而在液泡中的转化酶可以调节蔗糖和己糖的贮存[25]。在蔗糖代谢中,蔗糖

转化酶催化其分解成果糖和葡萄糖,一些具有快速生长能力的幼嫩器官中都存在高活性的转化酶[26-28]。生物机体的代谢和机体内外环境是分不开的,生物具有适应环境的能力,当内外条件改变时,生物体能够调整和改变其体内代谢过程,建立新的代谢平衡,以适应变化了的环境。有研究指出通过施用植物生长调节剂改变作物的外环境后,作物通过调节自身内部代谢平衡导致碳代谢指标受到调控。Neerja Sharma 等指出经过矮壮素处理的马铃薯的茎、匍匐茎和块茎的蔗糖转化酶活性大体上都较高[29],张春娟等试验发现 SOD_M 处理可提高马铃薯块茎中蔗糖含量[30],冯亚楠等对大豆子叶的研究中也发现 DTA-6 处理对蔗糖和淀粉含量具有一定的调控效应[31]。蔗糖转化酶与果实的发育、成熟和糖分的积累有关,一方面在果实生长中,高渗透压可以保证水分的吸收,而正是蔗糖转化酶通过水解蔗糖成果糖和葡萄糖,得以保持细胞的渗透压;另一方面蔗糖转化酶催化反应的产物可为组织的快速生长提供作为碳源的己糖,一些己糖作为底物通过相关酶促反应合成淀粉。淀粉作为作物贮藏能量的重要形式,其在作物生育期为各器官的生命活动提供养分保障。淀粉含量的高低是一个动态的平衡过程,它不仅受到各种淀粉合成酶活性高低的调控,而且还受到淀粉水解以及淀粉磷酸解相关酶活性的制约。淀粉酶是一种淀粉水解酶,其以淀粉为底物,将淀粉水解成葡萄糖,一般认为其活性越高淀粉含量积累越少。大量研究都表明植物生长调节剂能够影响作物淀粉含量及淀粉酶活性,郑殿峰研究指出 DTA-6 能够促进大豆生育后期叶片淀粉含量的增加[32],有研究指出 DTA-6 使用后 24 天可显著降低马铃薯根系淀粉酶活性[33],也有报道表明 DTA-6 对马铃薯匍匐茎内淀粉和还原糖含量具有显著影响[34],这也与本论文的研究结果相似,植物生长调节剂对马铃薯碳代谢指标具有不同的调控效应。

4 结 论

马铃薯始花前期叶面喷施植物生长调节剂,能够调控马铃薯叶片碳代谢相关生理指标。各处理对马铃薯叶片的生理指标调控结果不同,SOD_M 处理能够显著提高处理后 16 天时叶片中的可溶性糖、蔗糖以及淀粉的含量,并能够极显著提高处理后 24 天和 32 天时还原糖的含量;Cc 处理能够极显著降低喷施后 32 天时叶片的转化酶活性,也可以显著提高处理后 24 和 32 天时还原糖的含量;DTA-6 处理能够极显著提高使用后 16 天时淀粉的含量,同时其对使用后 24~32 天淀粉酶活性有极显著降低的作用。

参 考 文 献:

[1] 潘瑞炽.植物生理学[M].第五版.北京:高等教育出版社,2004,125.

[2] 宋春艳,冯乃杰,郑殿峰,等.植物生长调节剂对大豆叶片碳代谢相关生理指标的影响[J].干旱地区农业研究,2011,29(3):91-95.

[3] Poling Stephen M, Hs u Wan-Jean, Koehrn Fred J. Chemical regulation of carotenoid biosynthesis, Part 10: Chemical induction of β carotene biosynthesis[J]. Photochemistry, 1977,16(5):551-555.

[4] Brown R H. Influence of succinic acid 2, 2-dimethylhtdrazide on yield and morphological characteristic of starve peanut (*Arachis hypogaea* L)[J]. Crop Sci,1973,13(5):507-510.

[5] Stephen M, Poling W J H. Synthetic bioregulators of poly-cis-carotenoid biosynthesis[J]. Phytochemistry, 1982,21(3):601-604.

[6] 黄少华,王增春,刘胜环.不同植物生长调节剂浸种对油菜壮苗的效果比较[J].江苏农业科学,2006,(3):49-51.

[7] 李 莹,王呈伟,郑玉红,等.植物生长调节剂浸球对花芽分化期石蒜和换锦花鳞茎生化特性的影响[J].植物资源与环境学报,2011,20(1):31-39.

[8] 赵黎明,郑殿峰,杜吉到,等.植物生长调节剂对大豆叶片同化物及内源激素代谢影响[J].大豆科学,2008,27(4):593-598.

[9] 赵黎明,冯乃杰,郑殿峰.植物生长调节剂对大豆荚皮同化物代谢及糖分积累的影响[J].武汉植物学研究,2008,26(4):407-411.

[10] 宫占元,项洪涛.植物生长调节剂对马铃薯块茎淀粉含量及品质的影响[J].干旱地区农业研究,2011,29(1):187-192.

[11] Che F S, Chou C, Hyeon S B, et al. Metabolism of cholinechloride and its analogs in wheat seed-lings[J]. Plant Cell Physiol, 1990,31:45-50.

[12] Uemura M, Steponkus P L. A contrast of the plasma membrane lipid composition of oat and rye leaves in relation to freezing tolerance[J]. Plant Physiol, 1994,104:479-496.

[13] Uemura M, Joseph R A, Steponkus P L. Cold acclimation of Arabidopsis thaliana[J]. Plant Physiol, 1995,109:15-30.

[14] 张立明,王庆美,何钟佩.脱毒和生长调节剂对甘薯内源激素含量及块根产量的影响[J].中国农业科学,2007,40(1):70-77.

[15] 张明才,何钟佩,田晓莉,等.植物生长调节剂 DTA-6 对花生产量、品质及其根系生理调控研究[J].农药学学报,2003,5(3):47-52.

[16] 王俊平,翟志席,何钟佩,等.DTA-6 对紫花苜蓿粗蛋白和氨基酸含量的调控作用[J].中国农业大学学报,2003,8(3):25-28.

[17] 何钟佩.农作物化学控制实验指导[M].北京:中国农业出版社,1993:23-26.

[18] 门福义,刘梦芸.马铃薯栽培生理[M].北京:中国农业出版社,1995:318-326.

[19] 崔辉梅,石国亮,安君和.马铃薯还原糖含量测定方法的比较研究[J].安徽农业科学,2006,34(19):4821-4823.

[20] 张志良.植物生理学实验指导[M].第三版.北京:高等教育出版社,2003:127-133.

[21] Farrar J, Pollock C, Gallagher J. Sucrose and the integration of metabolism in vascular plants[J]. Plant Sci, 2000,154:1-11.

(下转第 182 页)

研究中,CK 叶绿素含量最低,覆膜条件下灌水量最多的 T_4 叶绿素含量较低,这可能是 CK 受到了水分胁迫,而 T_4 则处于水分饱和条件下。这与前人的研究结论基本一致。叶片叶绿素含量月均值覆膜与未覆膜处理间差异显著。

植物产量与水分利用效率的同步提高是节水农业所追求的一个重要目标。植物 *WUE* 通常采用叶片的 *Pn* 与 *E* 的比值来表示[16-18],植物的水分利用效率高,表明固定单位产量 CO_2 所需的水量小,植物的节水能力大,水分生产力高。研究结果表明,T_1 和常规滴灌 CK 的葡萄叶片日平均水分利用效率高于其它灌水量多的覆膜处理,T_1 比 CK 的水分利用效率高 7.8%,且 CK 比 T_1 多消耗 33% 的水量。葡萄膜下滴灌试验进一步表明,T_1 使单叶水平的水分利用效率和产量水平的水分利用效率均明显增加,总体上提高了酿酒葡萄的产量,达到了节水的目的。

参 考 文 献:

[1] 管雪强,赵世杰,李德全,等.干旱胁迫下抑制光呼吸对赤霞珠葡萄光抑制的影响[J].园艺学报,2004,31(4):433-436.

[2] 刘世秋,张振文,惠竹梅,等.干旱胁迫对酿酒葡萄赤霞珠光合特性的影响[J].干旱地区农业研究,2008,26(5):169-172.

[3] Jaime F, Murray B, W ah S C, et al. Analysis of the relative increase in photosynthetic 0_2 up take when photosynthesis in grapevine leaves is inhibited following low night temperatures or water stress[J]. Plant Physiology, 1999,121(2):675-686.

[4] 陈尚谟,黄寿波,温福光.果树气象学[M].北京:气象出版社,1988.

[5] 林 华,李 疆.干旱荒漠地区葡萄滴灌研究[J].新疆农业大学学报,2003,26(4):62-64.

[6] 苏培玺,施来成.塑料薄膜滴灌带在沙地葡萄节水中的应用研究[J].干旱地区农业研究,2000,18(4):94-98.

[7] 张宪法,余贤昌,张振贤.土壤水分对温室黄瓜结果期生长与生理特性的影响[J].园艺学报,2002,29(4):343-347.

[8] 高秀萍,闫继耀,刘恩科,等.水分胁迫下梨、枣和葡萄叶片中甜菜碱含量的变化[J].园艺学报,2002,29(3):268-270.

[9] Chaves M M, Pereira J S, Maroco j, et al. How plants Cope with stress in the Field[J]. Photosynthesis and Growth Annals of Botany, 2002,89(7):907-917.

[10] 周燕萍,单广福.水分胁迫下苹果光合作用的气孔与非气孔限制[J].苏州丝绸工学院学报,1998,18(5):65-67.

[11] 曹 慧,许雪峰,韩振海,等.水分胁迫下抗旱性不同的两种苹果属植物光合特性的变化[J].园艺学报,2004,31(3):285-290.

[12] Schultz H R, Matthews M A. Growth, osmotic adjustment and cell-wall mechanics of expanding grape leaves during water deficits[J]. Grop Science, 1993:287-294.

[13] 房玉林,惠竹梅,陈 洁,等.水分胁迫对葡萄光合特性的影响[J].干旱地区农业研究,2006,24(2):135-138.

[14] Petreson R B, Aivak M N, Walker D A. Relationship between steady-state fluorescence yield and photosyn the tic efficiency in spinach leaf issue[J]. Plant Physiology, 1998,(88):158-163.

[15] Xiao Y A. The physiology responses and adjective adaptability of water stress on *Cleme spinosa* L. seedings[J]. Journal of Wuhan Botanical Research, 2001,19(6):524-528.

[16] 李昭楠,李 唯,刘继亮,等.不同滴灌水量对干旱荒漠区酿酒葡萄光合及产量的影响[J].中国农业生态学报,2011,19(6):960-969.

[17] 郑淑霞,上官周平.8 种阔叶树种叶片气体交换特征和叶绿素荧光特性比较[J].生态学报,2006,26(4):1080-1087.

[18] 王会肖,刘昌明.作物水分利用效率内涵及研究进展[J].水科学进展,2000,11(1):99-104.

(上接第 170 页)

[22] Smeekens S, Rook F. Suger sensing and sugar mediated signal transduct ion in plants[J]. Plant Physiol, 1997,115:7-13.

[23] Roitsch T, Tanner W. Cell wall invertase: bridging the gap[J]. Bot Acta, 1996,109:93-96.

[24] Sturm A, Tang G Q. The sucrose cleaving enzymes of plant s arecrucial for development, growth and carbon partitioning[J]. Trends in Plant Sci (Review s),1999,4:401-407.

[25] Bachelier C, Granam J, Manoir J du, et al. Integration of an invertase gene to control sucrose metabolism in strawberry cultivars[J]. Ata Horticul, 1997,439:161-163.

[26] Xu DP, Sung SJ, Black CC. Sucrose metabolism in lima bean seeds[J]. Plant Physiol, 1989,89:1106-1116.

[27] Krishnan HB, Pueppke SG. Cherry fruit invertase: partial purification, characterization and acvitity during fruit development[J]. J Plant Physiol, 1990,135:662-666.

[28] Schmalstig JG, Hitz WZ. Contributions of sucrose aynthase and invertase to the met abolism of sucrose in developing leaves[J]. Plant Physiol, 1987,85:407-412.

[29] Neerja Sharma, Narinder Kaur, Anil K. Gupta. Effect of chlorocholine chloride sprays on the carbohydrate composition and activities of sucrose metabolising enzymes in potato(*Solanum tuberosum* L.)[J]. Plant Growth Regulation, 1998,(26):97-103.

[30] 张春娟,冯乃杰,郑殿峰.叶面喷施植物生长调节剂对马铃薯产量及品质的影响[J].中国蔬菜,2009,(14):43-48.

[31] 冯亚楠,李 璨,冯乃杰,等.不同植物生长调节剂浸种对大豆子叶碳代谢影响[J].大豆科学,2009,28(6):1016-1020.

[32] 郑殿峰,赵玖香,赵黎明.植物生长调节剂对大豆光合作用和同化物分配的影响[J].西南农业学报,2008,21(5):1265-1269.

[33] 项洪涛,冯乃杰,杜吉到,等.植物生长调节剂对马铃薯根系理化特性的影响[J].植物营养与肥料学报,2009,15(6):1481-1485.

[34] 宫占元,项洪涛,李 梅,等.植物生长调节剂对马铃薯还原糖及淀粉含量的影响[J].安徽农业科学,2011,39(1):107-110.