

甘肃河西干旱区温室葡萄对地表覆盖的响应

何钊全¹, 张铜会¹, 刘新平¹, 张晓霞², 张 芮³

(1.中国科学院西北生态环境资源研究院, 甘肃 兰州 730000; 2.中国科学院大学, 北京 100049; 3.张掖市水务局灌溉试验站, 甘肃 张掖 734000)

摘要: 试验了温室葡萄超氧化物歧化酶(SOD)活性、过氧化氢酶(CAT)活性、游离脯氨酸(Pro)含量、丙二醛(MDA)含量和果粒生长对地表覆盖的响应。结果表明:整个生育期内,砂土覆盖、秸秆覆盖、秸秆+白地膜覆盖及秸秆+黑地膜覆盖都对0~40 cm 土层土壤有显著的保水作用,其中秸秆+黑地膜保水性能最强(土壤含水量比无覆盖的提高14.53%, $P<0.05$),且各覆盖方式的保水能力随着土层的加深而增强。秸秆+白地膜覆盖下葡萄细胞的抗氧化酶活性最高。砂土覆盖极显著($P<0.01$)提高果粒内Pro含量(约增加42.40%)。砂土覆盖后葡萄果粒粒径最大,秸秆+地膜覆盖、秸秆覆盖下的果粒粒径均小于无覆盖的粒径。秸秆覆盖能够提高土壤水分含量,抑制果粒的增长。砂土覆盖可以作为温室葡萄适宜覆盖方式。

关键词: 葡萄; 地表覆盖; 生理指标; 保水性; 抗逆性

文章编号: 1000-694X(2018)05-1049-10

DOI: 10.7522/j.issn.1000-694X.2017.00055

中图分类号: Q945.79

文献标志码: A

0 引言

西北干旱地区土壤水分相对缺乏,是影响经济植物生长及产量形成的关键环境因素^[1-2]。地表覆盖技术能显著改善土壤水热效应,创造有利于植物生长的环境条件^[3-4],明显提高植物抗旱性能,被广泛使用。当前主要推广的有地膜、秸秆及砂土覆盖等^[5-8]。单一地表覆盖(地膜、秸秆、砂土覆盖)及双重覆盖(地膜+秸秆覆盖)均能在一定程度上起到保墒、保温、保肥、增产功效^[9-13]。有关地表覆盖研究的报道,多在影响土壤水分^[14]、土壤肥力^[15]、土壤温度^[16]、生长与产量效应^[17]等方面。土壤水分活跃层主要在0~40 cm^[18],地表覆盖能够提高0~40 cm 内的土壤水分含量和土壤日最低温度,降低土壤日最高温度和日平均温度^[19],增加土壤中的速效磷及速效钾含量,保持土壤的湿度,从而促进土壤理化性质的改变,改善土壤的质量和生产力^[20]。地表覆盖通过对土壤水分、温度和土壤理化性状的影响,显著促进了植物的生长发育^[21-22],最终提升了植物的产量^[23]。地表覆盖的效果会受到覆盖时间的影响,在土地休闲期进行地膜覆盖后,土壤蓄水量比播种前30 d 覆盖的和播

种时覆盖的分别提高了87%和28%^[24],更加有利于保墒和植物的生长。地膜覆盖中,地膜的颜色更是不可忽视的因素。与黑色和白色地膜相比,红色地膜覆盖更能显著促进植物的生殖生长,提高植物质量^[25]。

超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化氢酶(CAT)是植物体内关键抗氧化酶。SOD通过歧化反应将超氧自由基转化为 H_2O_2 来保护细胞质膜免受活性氧自由基的伤害^[26-27]。CAT通过清除过量 H_2O_2 来保护细胞质膜系统的分解酶^[28-29]。植物遭受干旱胁迫时体内SOD、CAT活性提高^[30-31]。抗旱性强的品种,保护酶活性也较高^[32-33]。游离脯氨酸(Pro)的累积,有利于维持细胞较高的渗透势,增强细胞吸水能力,保证植物的抗逆性,也可以作为碳源和氮源,为处于逆境胁迫中的植物在压力解除后的细胞恢复提供一定的能量^[34-36]。但是,Pro在降解过程中也会产生有毒物质^[37]。逆境胁迫程度较低时,植物叶片内的保护酶活性高,能够将体内的自由基清除。但是当胁迫程度超过保护酶系统的有限防御能力时,植物体内抗氧化酶活性不再维持较高水平,膜脂过氧化作用加强,细胞质膜受损,导致丙二醛(MDA)增多^[38]。因此,对于上述生理指标的研

收稿日期:2017-02-05; 改回日期:2017-06-05

资助项目:中国科学院战略性先导科技专项(XDA0505201-04-01); 国家自然科学基金项目(41371053)

作者简介:何钊全(1990—),男,甘肃庆阳人,博士研究生,主要从事恢复生态学研究。E-mail: hzqyjll@163.com

通信作者:张铜会(E-mail: zhangth@lzb.ac.cn)

究可以更好地了解植物在不同生境下的适应能力的大小。

日光温室通过春季避光和冬季增温的调控方法,可以实现延迟葡萄成熟和满足葡萄冬季供应的需求。中国葡萄延后栽培的面积已超过 1 000 hm²,甘肃冷凉地区葡萄延后栽培面积约占全国 90% 以上^[39]。尽管目前关于地表覆盖在植物产量、肥力、温度、水分方面的研究屡见不鲜,但是关于不同地表覆盖方式下,葡萄体内抗氧化酶和渗透调节物质等主要生理体系指标的响应特征以及筛选具有保水性、保护细胞质膜和有利果粒增长的适宜覆盖模式研究比较有限。因此,本文以温室栽培的鲜食葡萄为试验对象,对各覆盖方式的葡萄采用相同灌水下限和施肥量进行灌水和施肥后,研究不同地表覆盖下:①从土壤水分在生育期内的动态大小特征,得出各种覆盖方式的保水能力的大小;②着重从葡萄生理角度出发,通过观测葡萄 SOD、CAT 活性、Pro 含量、MDA 含量对覆盖方式的响应规律,了解不同地表覆盖对葡萄叶片和果粒细胞质膜的保护程度的大小;③观测葡萄主要的生殖生长指标果粒的增长态势,以期得到保水性较好、损伤葡萄细胞质膜程度最小以及增产效果明显的地表覆盖方式。本研究旨在为干旱区温室葡萄在地表覆盖下的生理机制研究和增产目标提供一定的理论借鉴和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

本试验在甘肃省张掖市水务局灌溉试验站

(37°56'N、100°26'E,海拔 1 482.7 m)开展。研究区域为典型的大陆性干旱气候。日光温室内的土壤为中壤质土,pH8.4,容重 1.45 g·cm⁻³,田间持水率 22.8%,土层 0~20 cm 有机质含量 1.4%、碱解氮含量 61.8 mg·kg⁻¹、速效磷含量 13.4 mg·kg⁻¹、速效钾含量 190.4 mg·kg⁻¹。

1.2 试验设计

试验植物为 5 年生葡萄(品种“红地球”)。葡萄在一个日光温室内栽培。温室低温季节加盖棉帘保温,高温季节揭帘通风。温室东西两侧墙体及后墙为 1.5 m 厚的土墙,温室面积 80 m×8 m,温度控制为白天 20~30 ℃,夜间 14~20 ℃,空气相对湿度 75%~85%。栽植葡萄 21 垄。每垄葡萄 6 株,株距 1 m,垄间间距 2 m。

葡萄的生育期为:萌芽期(5月3—15日)、新梢生长期(5月16日—6月18日)、开花期(6月19日—7月4日)、果粒膨大期(7月5日—9月5日)、果粒成熟期(9月6日—12月18日)。本试验覆盖类型设 5 个处理,即砂土覆盖、秸秆覆盖、秸秆+白地膜覆盖、秸秆+黑地膜覆盖和对照(无覆盖)。每 3 垄为一个试验处理小区。为了减少日光温室进出口处和墙体的边际效应,温室进出口端的小区和最末端的小区作为保护垄,加上保护垄的 6 个小区,共 21 个小区,小区面积 6 m×2 m。具体试验方案见表 1。

1.3 灌水与施肥

每垄葡萄铺设一条滴灌带,滴头间距 0.3 m,滴

表 1 试验设计

Table 1 Experimental design

| 处理 | 覆盖方式 |
|---------------|---|
| 砂土覆盖(SS) | 植株行间均匀铺撒 5 cm 厚的细砂土 |
| 秸秆覆盖(SJ) | 半腐熟小麦秸秆,秸秆长度 5 cm,用量 1 kg·m ⁻² |
| 秸秆+白地膜覆盖(SBJ) | 半腐熟小麦秸秆在下,秸秆长度 3 cm,秸秆用量 0.5 kg·m ⁻² ,白地膜在上,膜厚 0.01 mm,覆膜后四周用土压实 |
| 秸秆+黑地膜覆盖(SHJ) | 半腐熟小麦秸秆在下,秸秆长度 3 cm,秸秆用量 0.5 kg·m ⁻² ,黑地膜在上,膜厚 0.01 mm,覆膜后四周用土压实 |
| 无覆盖(SN) | 对照组,即不作覆盖处理 |

头额定流量约 3.0 L·h⁻¹,供水工作压力 0.1 MPa。试验设定灌水定额为 270 m³·hm⁻²。对各个处理的土壤水分动态进行长期观测,每 10 d 测定 1 次土壤含水量,当某个处理的土壤含水量低于或等于田间持水量的 75% 时,按照灌水定额滴灌;每次测定后对于土壤含水量高于田间持水量的 75% 的处理

不进行灌溉。本试验采用施肥罐对试验葡萄进行施肥,所有处理的施肥量相同。萌芽期追施尿素 500 kg·hm⁻²,果粒膨大期追施尿素 750 kg·hm⁻²。葡萄果实采摘后,基肥施入 45 m³·hm⁻²农家肥(有机质 31.4%、N0.65%、P₂O₅0.5%、K₂O0.3%)和 1 500 kg·hm⁻²的钙镁磷肥(P₂O₅12%~20%)。

1.4 观测指标测定及方法

利用烘干称重法定期测定土壤含水量。生育期内每 10 d 在每个小区随机取 3 个点,分别测定 0~20、20~40、40~60、60~80 cm 土层土壤水分含量。每个小区选定 3 株长势均匀的葡萄树进行果粒生长节律的测定。每株标定一穗葡萄,每个果穗里标记上、中、下 3 粒葡萄果粒,自果粒膨大期起,每 7 d 用游标卡尺测定葡萄果粒的纵横径,以其平均值反映果粒的大小。

植物样品采集,在果粒膨大期和果粒成熟期取样。每个小区中,在测定葡萄果粒大小时选定的 3 株葡萄树中,每次取每株葡萄外围中部新鲜完整葡萄果粒和功能叶片,用干净的纱布和铝箔胶带包裹严实,置于液氮罐中冷冻,到实验室后存于低温冰箱内待测。SOD、CAT 及 MDA 提取,称取葡萄叶片和去皮的果肉样品各 0.25 g,分别加 2 mL 的 50 mmol · L⁻¹磷酸缓冲液 (pH7.8, 含 1% PVP) 及少量石英砂土,在冰浴中研磨匀浆,转移至 10 mL 离心管(合并冲洗研钵液),定容到 10 mL。取 5 mL 提取液在 4 °C 下 10 000 rpm 离心 15 min,取上清液作为酶提取液。Pro 提取,称取葡萄叶片 0.25 g,剪碎后放入具塞试管中,加入 5 mL 的 3% 磺基水杨酸溶液,加塞后于沸水浴中加热 15 min,过滤,滤液为游离脯氨酸提取液。果肉内脯氨酸提取液的提取方法同上。SOD 活性测定采用氮蓝四唑(NBT)光还原法,以抑制 NBT 光还原反应 50% 所需的酶的数量为一个酶活性单位(U),用 U · g⁻¹FW · h⁻¹表示。CAT 活性

采用紫外分光光度法测定,以 1 min 内 A₂₄₀降低 0.1 为一个酶活性单位(U),用 U · g⁻¹FW · min⁻¹表示。Pro 含量采用磺基水杨酸法。MDA 含量测定采用硫代巴比妥酸(TBA)比色法。

1.5 数据分析方法

采用 Microsoft Excel 进行数据的整理,利用 SigmaPlot12.5 作图。采用 SPSS Statistics17.0 软件进行数据统计分析,用最小显著差异法(LSD)比较不同处理间的 SOD、CAT 活性,Pro、MDA 含量,以及葡萄果粒粒径(横径和纵径)的均值差异。

2 结果与分析

2.1 地表覆盖方式对土壤含水量的影响

生育期内,0~40 cm 土层内,处理 SS、SJ、SBJ 及 SHJ 的土壤含水量均高于处理 SN,比 SN 依次增长了 2.10%、10.82%、11.89%、14.53% (图 1),说明各地表覆盖方式均有利于土壤保水。萌芽期至开花期,处理 SBJ 和 SHJ 的土壤含水量明显高于其他处理,在地表层 0~20 cm 处的土壤含水量大小为 15.43%、14.90%,最有利于土壤保水的覆盖方式是秸秆+地膜覆盖。处理 SJ 自果粒膨大期起,土壤含水量出现明显增大趋势,在 0~20 cm 和 20~40 cm 土层处 SJ 的土壤含水量比 SN 分别增多 19.20%、15.19% (P<0.01),说明在果粒膨大期至成熟期,秸秆覆盖的保水效果最好。SS、SJ、SBJ 及 SHJ 在土层 20~40 cm 内的土壤含水量比 0~20 cm

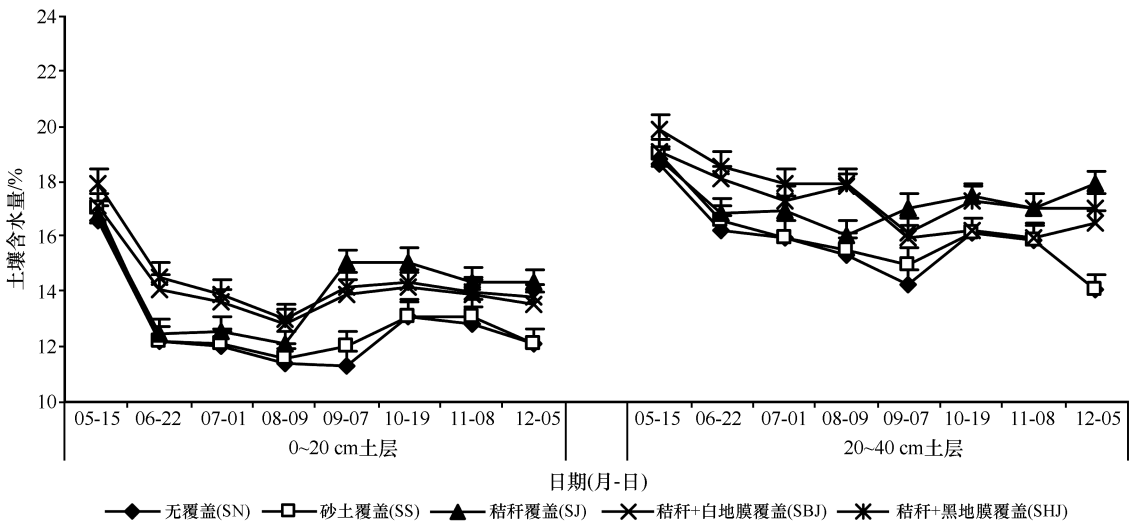


图 1 不同地表覆盖方式下不同土层内土壤含水量变化特征

Fig.1 The variation of soil water content in different soil layer under different surface mulching

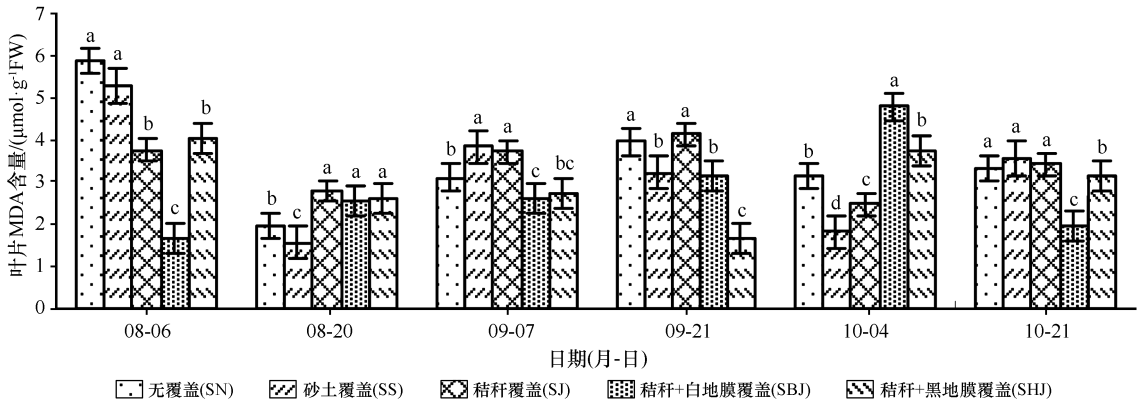
的分别增加了 24.40%、22.69%、20.99%、22.81% ($P < 0.01$)。

2.2 地表覆盖对葡萄主要生理指标的影响

2.2.1 葡萄果粒内 MDA 含量

8月6日,SN达到峰值 $5.88 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW}$,比SS、SJ、SHJ、SBJ分别增加 11.64%、56.77%、46.17%、71.86% ($P < 0.01$,图2)。随后,SBJ的

MDA含量明显升高,在10月4日达到峰值 $4.78 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW}$,上升幅度显著;而其他处理的MDA迅速下降。10月4日,SS比SJ、SN分别降低 26.37%、42.14% ($P < 0.05$)。SHJ的MDA含量在9月21日达到最小值,和其他处理差异显著 ($P < 0.05$)。地表覆盖能够减弱细胞质膜遭受MDA的伤害程度,其中秸秆+白地膜覆盖下,果粒体内MDA含量最少,细胞质膜不易受害。



不同字母表示各处理的指标含量在同一时间段内 0.05 水平下的显著性, $n=9$

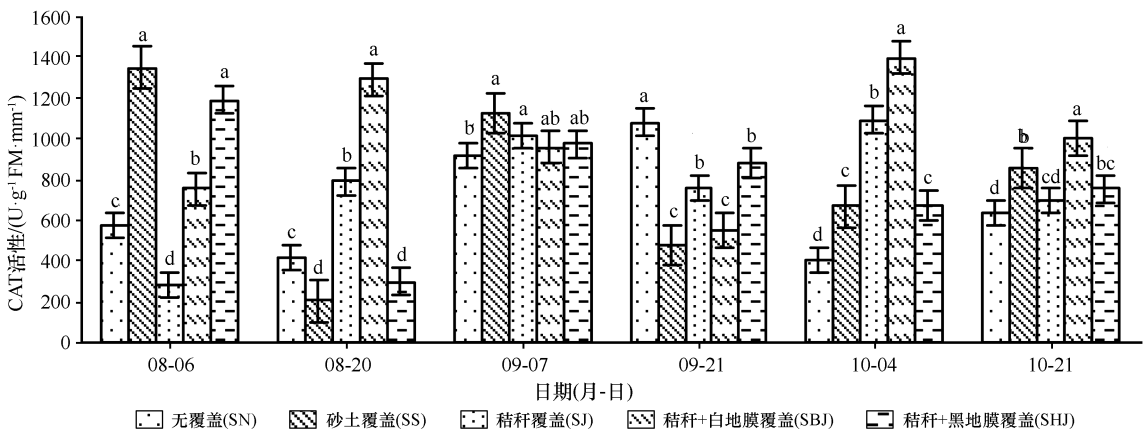
图2 不同地表覆盖条件下葡萄叶片内的丙二醛含量

Fig.2 Malondialdehyde content in grape leaves under different soil surface mulching conditions

2.2.2 果粒 CAT 活性

SBJ的波动程度明显大于SJ,CAT活性对秸秆+白地膜覆盖方式更为敏感(图3)。SJ、SBJ在10月4日均分别达到最大值 $1\ 090.52 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW} \cdot \text{min}^{-1}$ 、 $1\ 398.45 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW} \cdot \text{min}^{-1}$,与SN差异极显著 ($P <$

0.01)。SS、SHJ从8月6日起,CAT活性分别以 85%、74.92%的速率下降,比SN分别降低 50.58% ($P < 0.01$)、27.40%,随后波动程度随着生育期的推进逐渐趋于平稳。成熟期,SS、SJ、SBJ、SHJ的CAT活性比SN均显著提高,SBJ比SN增加 47.90% ($P < 0.01$)。



不同字母表示各处理的指标含量在同一时间段内 0.05 水平下的显著性, $n=9$

图3 不同地表覆盖条件下葡萄叶片内过氧化氢酶(CAT)活性

Fig.3 Catalase activity in grape leaves under different soil surface mulching conditions

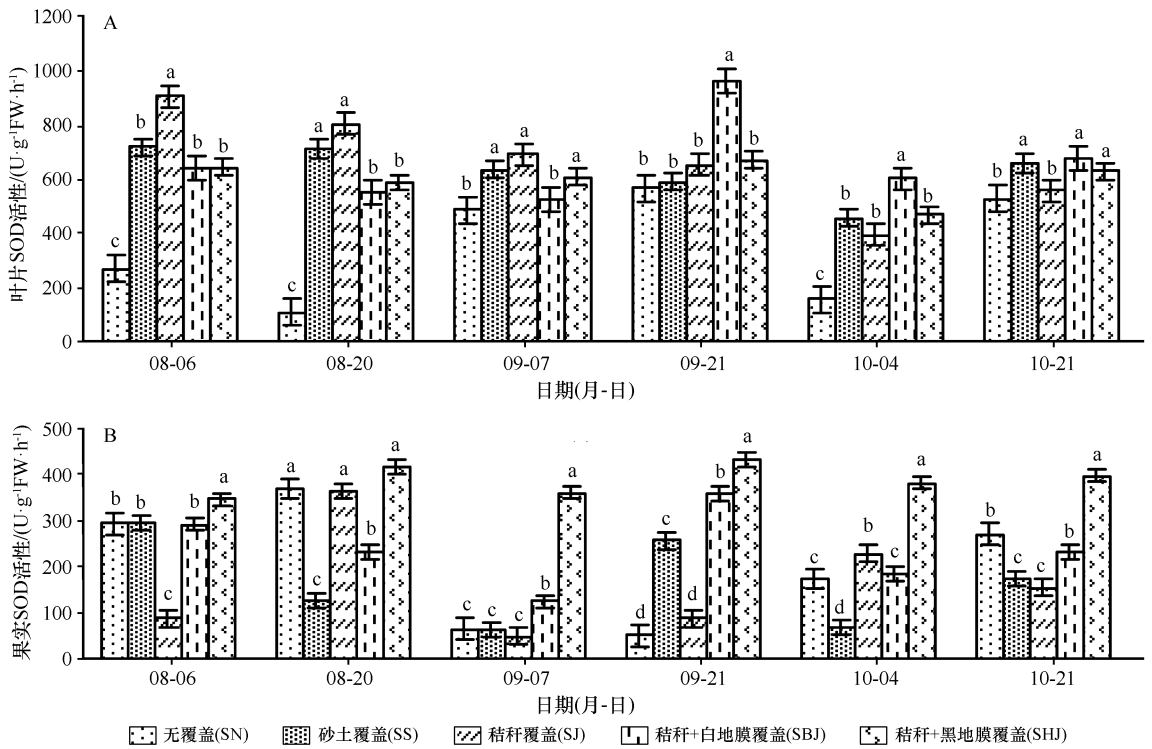
2.2.3 葡萄叶片和果粒 SOD 活性

在果粒膨大期至成熟期,SBJ的叶片SOD活性在9月21日达到峰值 $970.19 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW} \cdot \text{h}^{-1}$,比

SHJ、SJ、SS、SN分别高 43.75%、47.59%、63.33%、69.78% ($P < 0.01$,图4)。SS、SJ、SHJ的SOD活性均平缓下降后又上升,在10月4日均降低至最低值

460.00 U · g⁻¹FW · h⁻¹、397.44 U · g⁻¹FW · h⁻¹、472.17 U · g⁻¹FW · h⁻¹,但是均大于 SN(*P*<0.01)。自 10 月 4 日开始,各处理的葡萄叶片内 SOD 活性均呈上升趋势;各处理叶片 SOD 平均活性比 SN 依次增加 88.91%、86.58%、77.91%、70.24% (*P*<0.01)。果粒膨大期至成熟期,SHJ 处理的果粒中

SOD 活性显著高于其他处理,但是变化趋势平缓。SBJ 和 SS 的 SOD 活性的波动趋势一致,且均在 9 月 7 日达到各自最低值 123.90 U · g⁻¹FW · h⁻¹、60.92 U · g⁻¹FW · h⁻¹,9 月 21 日达到峰值,但是 SBJ 相比 SS 提高 40.76% (*P*<0.01),且两者相比 SN 差异极显著(*P*<0.01)。



不同字母表示各处理的指标含量在同一时间段内 0.05 水平下的显著性, *n*=9
图 4 不同地表覆盖条件下葡萄叶片(A)和果粒(B)超氧化物歧化酶活性

Fig.4 Superoxide dismutase in grape leaves (A) and fruits (B) under different soil surface mulching conditions

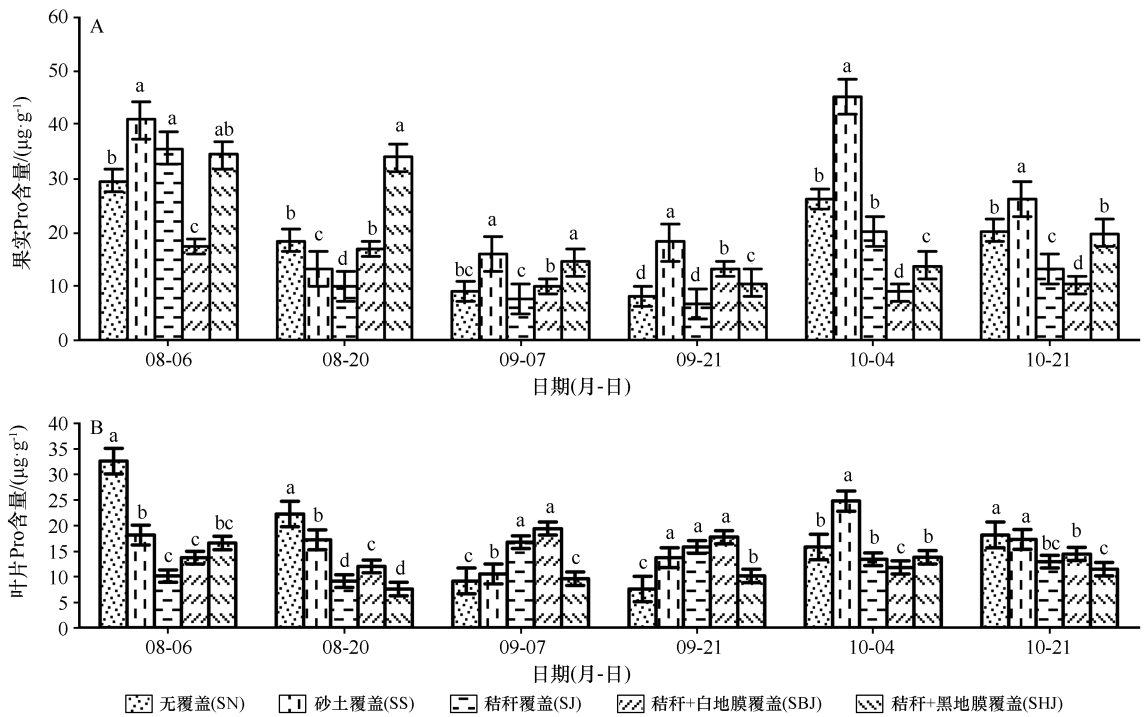
2.2.4 葡萄叶片和果粒 Pro 含量

从膨大期至成熟期,SS、SJ、SHJ、SN 处理的 Pro 含量与各自的土壤含水量变化趋势相近,呈现出降低-升高的变化趋势(图 5);SBJ 的 Pro 含量低,波动程度小。8 月 6 日,SS 相比 SJ、SN,分别增加 14.33%、37.93%。随后 SS、SJ 和 SN 的果粒 Pro 含量均出现迅速下降趋势。至 10 月 4 日,SS 处理的葡萄果粒内 Pro 含量达到最大值 45.36 μg · g⁻¹,比 SN 高 72.75% (*P*<0.01)。SBJ 达到最小值 9.06 μg · g⁻¹,比 SN 降低 65.51% (*P*<0.01)。葡萄果粒内 Pro 平均含量比较后,SS 相比 SN 提高 42.40%,SBJ 相比 SN 降低 31.18% (*P*<0.01)。SJ、SBJ 处理的叶片 Pro 在 9 月 7 日达到各自峰值 16.77 μg · g⁻¹、19.40 μg · g⁻¹,与 SN 差异显著(*P*<0.05)。自 8 月 6 日起,SHJ 以 54.16% 的速率显著下降,至 8 月 20 日,达到最小值。SS 在 10 月 4 日内达到峰值 24.78 μg · g⁻¹,

比 SN 大 56.68% (*P*<0.01)。

2.3 地表覆盖对葡萄果粒增长的影响

7 月 5 日起,处理 SS、SJ、SBJ、SHJ、SN 的果粒横径分别以 41.58%、35.68%、38.39%、47.93%、42.34% 的速率增长至 7 月 11 日,属于快速增长期(表 2)。SS 比 SBJ、SHJ 分别增加 10.70%、16.74% (*P*<0.05)。7 月 11 日至 7 月 18 日时,各处理的果粒横径增长速率明显下降。至 8 月 3 日,处理 SS 与 SJ、SBJ、SHJ 差异均显著(*P*<0.05)。至 8 月 8 日,SS 处理果粒横径相比 SJ、SBJ、SHJ、SN,依次增加 13.86%、12.77%、15.61%、7.58% (*P*<0.05)。但是各处理果粒横径的增长速率依次降低为 3.50%、2.50%、3.59%、4.55%、1.83%,果粒生长缓慢。至膨大期 9 月 8 日,SS 较其他处理差异显著(*P*<0.05),果粒增长速率趋于稳定。葡萄果粒纵径变



不同字母表示各处理的指标含量在同一时间段内 0.05 水平下的显著性, $n=9$

图 5 不同地表覆盖条件下葡萄果粒(A)和叶片(B)内脯氨酸含量

Fig.5 Proline content in grape fruits (A) and leaves (B) under different soil surface mulching conditions

表 2 浆果膨大期各覆盖处理果粒横径 (cm) 生长动态

Table 2 Ransverse diameter (cm) growth of fruit of different mulching treatments in fruit enlargement period

| 处理 | 日期 | | | | | | | | | |
|---------------|-------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | 07-05 | 07-11 | 07-18 | 07-25 | 08-03 | 08-08 | 08-15 | 08-22 | 09-03 | 09-08 |
| 砂土覆盖(SS) | 1.08 ^a | 1.52 ^a | 1.82 ^a | 2.03 ^a | 2.07 ^a | 2.14 ^a | 2.26 ^a | 2.39 ^a | 2.43 ^a | 2.60 ^a |
| 秸秆覆盖(SJ) | 1.04 ^a | 1.42 ^{abc} | 1.67 ^{bc} | 1.79 ^{bc} | 1.84 ^{bc} | 1.88 ^{bc} | 2.02 ^b | 2.17 ^b | 2.25 ^b | 2.32 ^b |
| 秸秆+白地膜覆盖(SBJ) | 0.99 ^a | 1.37 ^{bc} | 1.63 ^{bc} | 1.78 ^{bc} | 1.83 ^{bc} | 1.90 ^{bc} | 2.04 ^b | 2.20 ^b | 2.29 ^b | 2.37 ^b |
| 秸秆+黑地膜覆盖(SHJ) | 0.88 ^b | 1.30 ^c | 1.58 ^c | 1.73 ^c | 1.77 ^c | 1.85 ^c | 2.02 ^b | 2.17 ^b | 2.24 ^b | 2.32 ^b |
| 无覆盖(SN) | 1.00 ^a | 1.43 ^{ab} | 1.73 ^{ab} | 1.89 ^b | 1.96 ^{ab} | 1.99 ^b | 2.11 ^b | 2.24 ^{ab} | 2.35 ^{ab} | 2.48 ^{ab} |

不同字母表示各处理的指标含量在同一时间段内 0.05 水平下的显著性, $n=9$ 。

化趋势与横径大体一致。7月5日至7月11日,各处理SS、SJ、SBJ、SHJ、SN均呈快速增长趋势。至膨大期的8月8日,SS比SJ、SBJ提高11.02%、8.92% ($P < 0.05$)。至膨大期末,SS比SJ增大10.02% ($P < 0.05$)。从整个膨大期来看,果粒纵径的增长率均小于横径的增长速度。砂土覆盖下各营养生长阶段,葡萄果粒纵径显著大于其他处理的果粒纵径(表3)。

3 讨论

地表覆盖在改善农田生态环境方面具有显著的效应^[40]。随着生育期的推进,地表覆盖的保水能力逐渐降低。葡萄在砂土覆盖和秸秆+地膜覆盖下,

土壤含水量在全生育期内的变化趋势一致,均为前期最大,中期减少,后期趋于稳定。土壤含水量对秸秆覆盖的响应规律为,生育前期显著,后期较弱^[41]。李玲玲等^[42]发现,对葡萄在萌芽期、新梢生长期和果粒膨大期进行地表覆盖不利于土壤保水。本试验结果表明,在0~40 cm土层内,秸秆+地膜覆盖在萌芽期至开花期的保水效果显著,秸秆覆盖在果粒膨大期至成熟期也能够明显增加土壤含水量。两者研究结果的不同可能与地表覆盖物的种类和覆盖模式有关。此外,地膜+秸秆覆盖处理的0~40 cm内土壤含水量高,有效促进植物对土壤硝态氮的吸收(0~100 cm)^[43],有利于果粒的增长,该结论在本试验中得到了证实。同样,葡萄在地表覆盖后,土层越

表3 浆果膨大期各覆盖处理果粒纵径(cm)生长动态

Table 3 Vertical diameter (cm) growth of fruit of different mulching treatments in fruit enlargement period

| 处理 | 日期 | | | | | | | | | |
|---------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | 07-05 | 07-11 | 07-18 | 07-25 | 08-03 | 08-08 | 08-15 | 08-22 | 09-03 | 09-08 |
| 砂土覆盖(SS) | 1.22 ^a | 1.67 ^a | 2.07 ^a | 2.24 ^a | 2.28 ^a | 2.34 ^a | 2.44 ^a | 2.50 ^a | 2.57 ^a | 2.66 ^a |
| 秸秆覆盖(SJ) | 1.21 ^a | 1.66 ^a | 1.92 ^b | 2.03 ^b | 2.06 ^b | 2.10 ^b | 2.19 ^c | 2.32 ^c | 2.37 ^b | 2.42 ^b |
| 秸秆+白地膜覆盖(SBJ) | 1.27 ^a | 1.59 ^a | 1.90 ^b | 2.04 ^b | 2.10 ^{ab} | 2.15 ^b | 2.22 ^c | 2.34 ^{bc} | 2.43 ^{ab} | 2.51 ^{ab} |
| 秸秆+黑地膜覆盖(SHJ) | 1.12 ^a | 1.65 ^a | 1.97 ^{ab} | 2.11 ^{ab} | 2.16 ^{ab} | 2.22 ^{ab} | 2.34 ^{ab} | 2.44 ^{ab} | 2.52 ^a | 2.63 ^a |
| 无覆盖(SN) | 1.18 ^a | 1.69 ^a | 1.98 ^{ab} | 2.13 ^{ab} | 2.18 ^{ab} | 2.23 ^{ab} | 2.27 ^{bc} | 2.33 ^{bc} | 2.43 ^{ab} | 2.54 ^{ab} |

不同字母表示各处理的指标含量在同一时间段内 0.05 水平下的显著性, $n=9$ 。

深,土壤含水量越高,变化幅度越平缓,地表覆盖的保水效果越明显(0~40 cm)。

地表层 0~40 cm 内,砂土覆盖的保水的能力不及秸秆覆盖和秸秆+地膜覆盖,促使葡萄果粒内累积了大量脯氨酸,使得果粒维持了细胞渗透势,增强了细胞吸水能力。同时,葡萄体内超氧化物歧化酶活性处于高水平状态,丙二醛的生成和累积少。这是因为,一方面,丙二醛生成量一般在干旱胁迫后才明显增加,叶片中丙二醛含量随着胁迫强度的加剧和胁迫时间的延长而逐渐增加,胁迫复水后,丙二醛含量显著降低至未胁迫处理的 80.15%^[44];另一方面,高活性的超氧化物歧化酶及时阻止了膜脂过氧化反应的发生,从而减少了丙二醛的产生。正是超氧化物歧化酶和脯氨酸的协同作用保护了细胞质膜系统的完整性和维持了细胞水分代谢运行的正常化,因此该覆盖下葡萄果粒生长发育好,果粒粒径最大。虽然秸秆+白地膜覆盖和秸秆+黑地膜覆盖方式下,葡萄叶片内的丙二醛含量低于砂土覆盖,但是差异并不显著,类似于该 3 种覆盖方式下的过氧化氢酶和超氧化物歧化酶活性均处于相近的高水平的状态,因此该 3 种覆盖方式在细胞的抗氧化防御系统方面的能力相近;而秸秆+白地膜覆盖和秸秆+黑地膜覆盖方式下,葡萄叶片内的脯氨酸累积量明显低于砂土覆盖,造成细胞液浓度低,出现细胞脱水现象,不利于葡萄生长,最终导致了葡萄果粒大小不及砂土覆盖的结果。因此,砂土覆盖下,土壤水分含量有所增加,葡萄果粒细胞具有较高的渗透能力,葡萄果粒变大,该覆盖方式起到了保水、保护细胞质膜和促进果粒增长的作用。

秸秆覆盖、秸秆+白地膜覆盖以及秸秆+黑地膜覆盖的一个显著正效应是良好的保水性。在 0~

20 cm 土层,秸秆+白地膜覆盖和秸秆+黑地膜覆盖的土壤含水量比未覆盖的依次增加了 11.54%、13.89%,明显高于砂土覆盖处理。秸秆+白地膜覆盖方式下,葡萄体内的过氧化氢酶响应敏感,其变化幅度极大,活性相比未覆盖的提高了 47.90% ($P < 0.01$),超氧化物歧化酶活性相比无覆盖也提高了 86.58%。处于高活性的过氧化氢酶和超氧化物歧化酶形成了强大的抗氧化酶系统,分解了葡萄果粒内多余的 H_2O_2 和过量的氧自由基,保护了细胞质膜系统。这与秸秆覆盖下果粒内过氧化氢酶的低活性情形形成了明显的对比。正是在秸秆+白地膜的较高的保水能力和较强的保护膜系统能力的共同驱动下,葡萄体内膜脂过氧化产物丙二醛含量极少,避免了细胞质膜的损伤,延迟了叶片衰老。虽然在不同地表覆盖方式下,葡萄果粒内的丙二醛含量不同,但是均低于未覆盖的。这充分证实了地表覆盖具有保护葡萄果粒细胞质膜免受损伤的功效,首先在阻止和消除膜脂过氧化作用以及减少丙二醛含量这一点上就是同步的。杨淑琴等^[45]指出,在光合高峰期,随着光合有效辐射和气温的增高,叶片的过氧化氢酶活性平均增加了 82%,脯氨酸含量增加了 74%,而且在午间和午后渗透调节物和抗氧化酶活性仍维持在较高水平,使得细胞不受损伤。所以秸秆+白地膜覆盖一方面可以显著促进土壤水分的积累,为葡萄的营养生长提供了必需的水分;另一方面,它能够显著提高葡萄体内抗氧化酶的活性,促进了葡萄体内活性氧自由基的及时清除和多余 H_2O_2 的分解,为葡萄细胞创造了强大的抗氧化防御体系。在保水性和保护细胞这两点上明显优于单一的秸秆覆盖方式。在果粒的促增效应方面,秸秆覆盖、秸秆+白地膜覆盖以及秸秆+黑地膜覆盖并没有表现出

明显的促进果粒增长的现象,甚至抑制了果粒的增长,这与该3种覆盖方式下的低脯氨酸累积量有紧密关系。虽然抗氧化酶的高活性清除了大部分的活性氧自由基,保护细胞质膜免受了一定程度的伤害,但是细胞没有很好的渗透调节能力,使得果粒细胞出现持续的失水现象,降低了葡萄的抵抗能力,从而出现了葡萄果粒小的结果。这与王仁杰等^[46]的研究结果相似,秸秆覆盖导致冬小麦单位面积穗数减少,平均降低5.60%,且与无覆盖相比,秸秆覆盖的冬小麦籽粒产量也略有降低。单一的秸秆覆盖能够增加土壤含水量,秸秆+白地膜覆盖和秸秆+黑地膜覆盖不仅能够起到保水作用,而且可以增强葡萄的抗逆性。值得注意的是,不论是单一的秸秆覆盖,还是秸秆+地膜覆盖方式,对果粒的增长没有起到很好的促进效果,这一点在今后的地表覆盖栽培葡萄过程中应该得到重视。砂土覆盖不仅对于葡萄果粒的增长具有显著的促进作用,也具有一定的保水能力和很好的维持细胞水分代谢平衡的能力。因此砂土覆盖可以作为具有保水能力、能够保护细胞和增大果粒的适宜覆盖方式。但是需要明确的一点是,果粒增大并不等同于增产,本文的结论只说明在砂覆盖下葡萄的果粒大,对于地表覆盖是否能够增加果粒数和增产还需要进行进一步的研究。

4 结论

本文在保持日光温室内所有处理具有相同的温室温度和土壤肥力的条件下,研究了不同地表覆盖方式对土壤水分、葡萄生理指标和果粒的增长的影响后得出,秸秆覆盖可以适度提高土壤水分含量,但是该覆盖方式下葡萄叶片的细胞的渗透调节能力不佳,并且抑制葡萄果粒的增长。秸秆+白地膜覆盖和秸秆+黑地膜覆盖方式既有良好的保水作用,又能够保护细胞质膜的完整性,但是这两种覆盖方式都不利于葡萄果粒的增长。砂土覆盖既具有良好的保水能力,又能够增强葡萄的抗逆性,同时可以显著增大葡萄果粒。以上关于不同地表覆盖在保水能力、生理响应机制以及果粒促增效应方面的结论可为今后温室葡萄的高效覆盖栽培提供一定的帮助。

参考文献:

[1] 安玉艳,梁宗锁,郝文芳. 杠柳幼苗对不同强度干旱胁迫的生

长与生理响应[J].生态学报,2011(3):716-725.

- [2] 单长卷,韩蕊莲,梁宗锁. 干旱胁迫下黄土高原4种乡土禾草抗氧化特性[J].生态学报,2012(4):170-180.
- [3] Zhou L M, Li F M, Jin S L, et al. How two ridges and the furrow mulched with plastic film affect soil water, soil temperature and yield of maize on the semiarid Loess Plateau of China[J]. Field Crops Research, 2009, 113(1):41-47.
- [4] Gao Y J, Li Y, Zhang J C, et al. Effects of mulch, N fertilizer, and plant density on wheat yield, wheat nitrogen uptake, and residual soil nitrate in a dry land area of China[J]. Nutrient Cycling in Agro Ecosystems, 2009, 85(2):109-121.
- [5] Morris N L, Miller P C H, Orson J H, et al. The adoption of non-inversion tillage systems in the United Kingdom and the agronomic impact on soil, crops and the environment: a review[J]. Soil and Tillage Research, 2010, 108(1/2):1-15.
- [6] Govaerts B, Sayre K D, Goudeseune B, et al. Conservation agriculture as a sustainable option for the central Mexican highlands[J]. Soil & Tillage Research, 2009, 103(2):222-230.
- [7] Yang Y M, Liu X J, Li W Q, et al. Effect of different mulch materials on winter wheat production in desalinized soil in Heilonggang region of North China[J]. Journal of Zhejiang University Science (Life Science), 2006(11):858-867.
- [8] Bu L, Liu J, Zhu L, et al. The effects of mulching on maize growth, yield and water use in a semiarid region[J]. Agricultural Water Management, 2013, 123:71-78.
- [9] Cheng H B, Chai S X, Chen Y Z, et al. Effect of different mulching methods on soil temperature and grain yield of spring wheat in rainfed areas of northwestern China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(19):1-13.
- [10] 李倩,刘景辉,张磊,等. 适当保水剂施用和覆盖促进旱作马铃薯生长发育和产量提高[J]. 农业工程学报, 2013(7):83-90.
- [11] Den Hollander N Q, Bastiaans L, Kropff M J. Clover as a cover crop for weed suppression in all intercropping design. I. characteristic of several clover species[J]. European Journal of Agronomy, 2007, 26(2):104-112.
- [12] 孙进,徐阳春,沈其荣,等. 施用保水剂和稻草覆盖对植物和土壤的效应[J]. 应用生态学报, 2001(5):731-734.
- [13] Franczuk J, Jabońska-Ceglarek R, Zaniewicz-Bajkowska A, et al. The effect of plant mulches on the nutritive value of red cabbage and onion[J]. Vegetable Crops Research Bulletin, 2009, 70:125-134.
- [14] Tolk J A, Howell T A, Evett S R. Effect of mulch, irrigation, and soil type on water use and yield of maize[J]. Soil and Tillage Research, 1999, 50:137-147.
- [15] Cong T, Jean B. Soil microbial biomass and activity in organic tomato farming systems: effects of organic inputs and straw mulching[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2006, 38(2):247-255.
- [16] Monneveux P E, Quillérou C, Sanchez J. Effect of zero tillage and residues conservation on continuous maize cropping in a

- subtropical environment(Mexico)[J].*Plant and Soil*,2006,279(1/2):95-105.
- [17] Thomas F D, Michael B J, Maria R F, et al. Effects of straw mulch on soil nitrated dynamics, weeds, yield and soil erosion in organically grown potatoes[J].*Field Crops Research*,2005,94:238-249.
- [18] 巩杰,黄高宝,陈利顶,等.旱作麦田秸秆覆盖的生态综合效应研究[J].*干旱地区农业研究*,2003(3):69-73.
- [19] 李成华,马成林.有机物覆盖地面对土壤物理因素影响的研究(I)——有机物覆盖层下土壤湿度的变化[J].*农业工程学报*,1997(3):85-88.
- [20] Broschat T K. Effects of mulch type and fertilizer placement on weed growth and soil pH and nutrient content[J].*Hort-Technology*,2007,17(2):174-177.
- [21] Quezada M, Maria R, Munguia L. Plastic mulching and availability of soil nutrients in cucumber crop[J].*TERRA*,1995,13:136-147.
- [22] Mohapatra B K, Lenka D, Naik D. Effect of plastic mulching on yield and water use efficiency in maize[J].*Annals of Agricultural Sciences*,1998,19:210-211.
- [23] Atsushi Y, Masakazu K, Nobuhiro K. The effect of minimum tillage with weed cover mulching on organic daikon yield and quality and on soil carbon and nitrogen dynamics[J].*Biological Agriculture & Horticulture*,2014,30(4):228-242.
- [24] Jordán A, Zavala L M, Muñoz R M. Mulching effects on soil physical properties[J].*Encyclopedia of Agrophysics*,2011:492-496.
- [25] Locascio S J, Gilreath J P, Olson S, et al. Red and black mulch color affects production of Florida straw berries[J].*Hort Science*,2005,40(1):69-71.
- [26] 李霞,焦德茂,戴传超.转 PEPC 基因水稻对光氧化逆境的响应[J].*植物学报*,2005(4):408-413.
- [27] 孙一荣,朱教君.水分处理对沙地樟子松幼苗膜脂过氧化作用及保护酶活性影响[J].*生态学杂志*,2008(5):729-734.
- [28] 曹慧,韩振海,许雪峰.水分胁迫下苹果属植物叶片叶绿素降解的膜脂过氧化损伤作用[J].*中国农业科学*,2003(10):1191-1195.
- [29] Cabuslay G S, Ito O, Alejar A A. Physiological evaluation of responses of rice to water deficit[J].*Plant Science*,2002,163:815-827.
- [30] Reddy A, Chaitanya K V, Vivekanandan M. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants[J].*Journal of Plant Physiology*,2004,161(11):1189-1202.
- [31] Sofo A, Dichio B, Xiloyannis C, et al. Effects of different irradiance levels on some antioxidant enzymes and on malondialdehyde content during rewatering in olive tree[J].*Plant Science*,2004,166(2):293-302.
- [32] 李广敏,唐连顺,商振清,等.渗透胁迫对玉米幼苗保护酶系统的影响及其与抗旱性的关系[J].*河北农业大学学报*,1994,17(2):1-5.
- [33] 邵艳军,山仑,李广敏.干旱胁迫与复水条件下高粱、玉米苗期渗透调节及抗氧化比较研究[J].*中国生态农业学报*,2006(1):68-70.
- [34] 张明生,杜建厂,谢波,等.水分胁迫下甘薯叶片渗透调节物质含量与品种抗旱性的关系[J].*南京农业大学学报*,2004(4):123-125.
- [35] Akcay U C, Ercan O, Kavas M, et al. Drought induced oxidative damage and antioxidant responses in peanut seedlings[J].*Plant Growth Regulation*,2010,61:21-28.
- [36] Hare P D, Cress W A. Metabolic implications of stress induced proline accumulation in plants[J].*Plant Growth Regulation*,1997,21:79-102.
- [37] Hellmann H, Funck D, Rentsch D, et al. Hypersensitivity of an *Arabidopsis sugar* signaling mutant toward exogenous proline application[J].*Plant Physiology*,2000,123:779-790.
- [38] Zheng S Y, Shang X F, Wang J P. Determination of antioxidant enzyme activity and contents of MDA in maize seedlings under salt stress with visible spectrophotometry[J].*Biotechnology Bulletin*,2010(7):106-109.
- [39] Wang H B, Wang X D, Wang B L. The present situation and development countermeasures of facility grape industry in China[J].*The Grapes and Wine of Chinese and Foreign*,2009(9):61-65.
- [40] Bristow K L, Abrecht D G. The physical environment of two semi-arid tropical soils with partial surface mulch cover[J].*Australian Journal of Soil Research*,1989,27:577-587.
- [41] 王兆伟,郝卫平,龚道枝,等.秸秆覆盖量对农田土壤水分和温度动态的影响[J].*中国农业气象*,2010(2):244-250.
- [42] 李玲玲,黄高宝,张仁陟,等.免耕秸秆覆盖对旱作农田土壤水分的影响[J].*水土保持学报*,2005(5):96-98,118.
- [43] 孙红霞,王维,张鹏,等.秸秆覆盖旱作瓜田土壤水分的空间变化及对西瓜产量的影响[J].*应用生态学报*,2014(7):2004-2010.
- [44] 张红萍,牛俊义,轩春香,等.干旱胁迫及复水对豌豆叶片脯氨酸和丙二醛含量的影响[J].*甘肃农业大学学报*,2008(5):50-54.
- [45] 杨淑琴,周瑞莲,梁慧敏,等.沙漠植物抗氧化酶活性及渗透调节物质含量与光合作用的关系[J].*中国沙漠*,2015(6):1557-1564.
- [46] 王仁杰,芦俊俊,刘炜,等.长期秸秆覆盖条件下施氮对冬小麦生长的影响[J].*干旱地区农业研究*,2016(4):132-138.

Response of Greenhouse Grape to Surface Mulching in Hexi Arid Region

He Zhaoquan¹, Zhang Tonghui¹, Liu Xinpeng¹, Zhang Xiaoxia², Zhang Rui³

(1. Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Zhangye Water Authority Irrigation Experiment Station, Zhangye 734000, Gansu, China)

Abstract: In order to screening the appropriate coverage way with good water retention, anti-reversibility of grapes and effect of promoting fruit growth, the response of the protective enzyme (SOD, CAT) activity, osmoregulation content (Pro) content and membrane lipid peroxide (MDA) content and physiological indexes in greenhouse grapes and grape fruit to surface mulching were studied. The main results showed that, in the whole growth period, sand mulch, straw mulch, straw plus white plastic film mulch and straw plus black plastic film mulch presented the significant effect of water retention under the soil layer in 0 to 40 cm, and the water retention capacity of the straw plus black plastic film mulch was strongest (the soil water content increased by 14.53%, compared with that of no cover, $P < 0.05$), and the water retention capacity of different mulching ways increased with the deepening of the soil layer, grape cells had the highest antioxidant levels under straw plus white plastic film mulch. Free Pro content significantly ($P < 0.01$) improved in fruit under the sand mulch (it increased about 42.40% compared with no cover), and was advantageous to the maintenance of strong osmotic regulation ability, but, Pro generation was few under straw mulch. Grape fruit grain size was the largest under the sand mulch, however, the grape fruit grain size of straw+plastic film mulch, straw mulch were less than that of no cover treatment. Therefore, straw mulch increased moderately soil moisture, but reduced the water absorption ability of the cells, and inhibited the growth of the fruit. Straw plus white plastic film mulch significantly promoted the accumulation of soil moisture, prompted plentiful production of antioxidant enzymes, and fully protected the cells from reactive oxygen species, but it affected negatively the growth of grape fruit. The straw plus black plastic film mulch had the best effect of water retention and proper effect for maintaining the integrity of the cell, but the fruit promotion efficiency of it was not obvious. It was confirmed in study that sand mulch had significant promoting role in grape fruit, and has a certain water retention capacity and favorable ability of balancing the water metabolism of cell. Therefore, sand mulch was used as the best mulch way increasing water content, protecting cell membrane lipid and increasing fruit grain. The conclusion can provide the theory basis for the water-saving production mechanism of cultivation in grapes under surface mulching.

Key words: grape; surface cover; physiological indexes; water retention; resistance