

山西东南部气候变暖背景下的 霜冻特征分析

王正旺,刘新莹,武志跃,杨红峰,孙英杰,王景秀
(山西省长治市气象局,山西 长治 046000)

摘要:应用山西省东南部 11 个气象观测站 1971—2010 年春秋季及年平均气温、初终霜冻日期及无霜期资料,采用数理统计对比法,分析了该地初终霜冻的时域分布特征及成因,气候变暖背景下初终霜冻日期及无霜期的变化特征。结果表明:气温年际变化在 1971—1996 年属震荡缓慢升温期,1997 年开始趋于明显增暖期,气候变暖速率为 $0.3^{\circ}\text{C}\cdot 10\text{a}^{-1}$;初终霜冻日期的时域分布与特殊的地理环境条件关系密切;在秋季气候变暖前提下,初霜冻出现日期的推后速率为 $2\text{ d}\cdot 10\text{a}^{-1}$,其年际变化趋势表现为正负震荡推后期、偏早期和平稳推后期三个阶段;春季平均气温的增温速率为 $0.25^{\circ}\text{C}\cdot 10\text{a}^{-1}$,对应终霜冻出现日期呈现为提前趋势,提前速率为 $4\text{ d}\cdot 10\text{a}^{-1}$,年际演变特征可分为偏晚期、偏早期、正负震荡期、偏早期四个阶段;无霜期在气候变暖背景下,年际变化特征可分为延长期、缩短期和平稳延长期三个时期,无霜期的线性变化延长速率为 $7\text{ d}\cdot 10\text{a}^{-1}$ 。

关键词: 气候变暖;初终霜冻日期;无霜期;特征分析
中图分类号: S161 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2014)05-0234-05

Analysis of the frost characteristics under the background of climate warming in Southeast Shanxi province

WANG Zheng-wang, LIU Xin-ying, WU Zhi-yue, YANG Hong-feng, SUN Ying-jie, WANG Jing-xiu
(Changzhi City Meteorological Bureau, Changzhi, Shanxi 046000, China)

Abstract: Based on the data of average temperature, first-last frost dates and frost-free period in spring, autumn season and year from 1971 to 2010 in 11 weather stations at southeast Shanxi province, the time-space distribution characteristics and genesis of the first-last frost and the variation characteristics of first-last frost dates and frost-free period under the background of climate warming were analyzed by using the mathematical statistics and contrast methods. The results showed that: The annual temperature change during 1971—1996 was belonged to the slow warming period with oscillation, After 1997 the climate started to be the apparent warming period, the climate warming rate was $0.3^{\circ}\text{C}\cdot 10\text{a}^{-1}$. The time-space distribution of the first-last frost was the close relation with the special geographical environment conditions. Under the precondition of the autumn climate warming, the occurrence of the first frost date pushed back rate was $2\text{ d}\cdot 10\text{a}^{-1}$, the inter annual variation trend showed three stages as positive and negative oscillation push later period, partial early period and smoothly push later period. The average warming rate in spring season was $0.25^{\circ}\text{C}\cdot 10\text{a}^{-1}$, the corresponding appearance of last frost date presented an advance tendency, the advance rate was $4\text{ d}\cdot 10\text{a}^{-1}$. The inter annual variation characteristics can be divided into four stages as partial later period, partial early period, positive and negative oscillation period and partial early period. Under the background of climate warming of the frost-free period, the inter annual variation features could be divided into three stages as extended period, shrinkage period and stable extension period, the linear change extended rate of frost-free period was $7\text{ d}\cdot 10\text{a}^{-1}$.

Keywords: climate warming; first and last frost dates; frost-free period; feature analysis

山西省东南部位于东经 $111^{\circ}55'\sim 113^{\circ}44'$,北纬 $35^{\circ}48'\sim 37^{\circ}08'$ 之间,总面积 $13\,896\text{ km}^2$,处于晋冀豫

收稿日期:2014-01-24
基金项目:山西省气象局重点项目“初终霜冻气候特征及预报研究”(晋气验字 2010 第 13 号);山西省科技攻关项目“基于 GIS 的极端气象灾害预警与评估集成系统”(20090311083)
作者简介:王正旺(1955—),男,山西长治人,正研级高级,主要从事中短期、短时天气预报研究。E-mail: wzwptz@sohu.com。

三省交界,属暖温带半湿润大陆性季风气候区,部分山区相当于温带季风气候类型。对农业生产而言,由于受特殊地理环境的影响,在遇严重的终霜结束晚和初霜来的早的年份都会给农业生产造成较大危害。诸如1972年长子县9月23日的初霜冻使全县高粱复播作物大部分冻伤,粮食减产在500万kg以上。襄垣县9月25日的初霜冻使1.96万 hm^2 作物受灾,秋粮减产7.25万kg。1986年4月22日出现的终霜造成长子县、屯留县、长治县149.3万 hm^2 小麦的顶端三叶被冻死,开花果类作物受到严重冻害。严重的初终霜冻已成为山西东南部农业生产的主要灾害之一。因此,霜冻灾害的预测研究备受关注,李国强等^[1-2]对山西临汾、甘肃省的短期初霜个例成因进行了分析。张旭晖等^[3]在江苏省霜冻的研究中,给出了初霜日期呈现明显推迟变化趋势。马柱国^[4]对中国北方地区霜冻日的变化与区域增暖相互关系分析中指出,区域温度的增暖主要体现在霜冻日温度的变化等。本文应用近40a气象资料,分析了山西东南部初终霜冻日期的时域分布特征及主要成因,在分析气候变暖基础上,进一步研究了初终霜冻日期及无霜期的气候变化特征,以期深入了解山西东南部地区霜冻气候变化,为初终霜冻的气候预测提供借鉴,更好地为春播秋收农业生产提供决策。

1 资料来源与研究方法

1971—2010年山西省东南部11个气象观测站的年平均气温、春秋季平均气温、初终霜冻(地面0cm最低气温)日期、无霜期资料均取自山西省气象信息中心归档的原始气象记录月报表。为使资料便于分析,将初、终霜冻日期分别以9月1日、4月1日作为基数1,根据逐年初终霜冻出现的实际日期依此基数排列构成初终霜冻日资料。霜冻灾情来源于山西气象灾害年鉴。文中应用surfer软件绘制初终霜冻地域分布图,采用数理统计比较方法分析了气候变暖背景下初终霜冻日期及无霜期的变化特征。

2 结果分析

2.1 初、终霜冻时域分布特征及成因

霜冻虽是在大范围较强冷空气影响下形成,但由于山西东南部特殊的地理环境条件,初终霜冻出现的时域分布仍存在较大差异。山西东南部平均初霜日为10月6日,平均终霜日为4月30日。40a平均初霜日的分布图1a显示:武乡县、襄垣县和壶关县出现初霜较早(10月3日),而黎城、平顺和屯留出现较晚(10月8日),不同地域早晚初霜出现时差

为5d。图1b显示,终霜结束最晚的地区为武乡县、襄垣县和壶关县(5月2—4日),结束最早在4月25—28日的地区为黎城县、平顺县、屯留县和长子县。初霜最早与终霜最晚地域分布属同一区域,说明特殊地理环境的影响是霜冻出现早晚差异的主要原因之一。比如,武乡县是秋季初霜最早与终霜结束最晚的地区,该县绵亘于太行、太岳两山之间,地势东西高,中间低,境内东部地区海拔大部分在1400m以上,最高峰花儿塙达2008m。其西部海拔在1300m以上,最高峰紫金山海拔1809m。北部和南部的大部分丘陵多在1000m以下,中部地势比较平缓,海拔仅800m左右,当冷空气从北方袭来时,在东西山脉间形成峡谷通道,冷空气顺着峡谷通道涌泻而来,使冷空气强度加大而在中部聚集,极易出现霜冻,成为初霜早终霜结束晚的主要原因。黎城县是初霜晚终霜早的地区,该县位于太行山东翼南段,属黄土高原一部分,以中等构造剥蚀侵蚀山地为主,境内群山起伏,沟壑纵横,系复杂的山脉盘结而成,四面环山,中间低凹,是太行山中的一个小型山间盆地。尤其该地区呈西北高、东南低。西北部海拔1212~1560m,最高的全榆洼顶海拔为2020m,而县城海拔仅有750m,当冷空气从西北方袭来时,近地层受山脉阻挡,加之下垫面摩擦增温的作用,致使冷空气强度减弱,成为该地区初霜出现晚而终霜结束较早的原因。

2.2 气候变暖下无霜期的变化特征分析

1971—2010年山西东南部地区年平均气温的年际变化处于上升趋势,图2显示,其线性趋势的年际增温速率为 $0.3^{\circ}\text{C}\cdot 10\text{a}^{-1}$,增温幅度大于全国平均增幅 $0.04^{\circ}\text{C}\cdot 10\text{a}^{-1}$ ^[5-6],说明山西东南部是我国气温升高明显的地域之一。气温的年际变化主要分为震荡缓慢增暖期和明显增暖期。1971—1996年为震荡缓慢增暖期,其年际变化的增温速率为 $0.23^{\circ}\text{C}\cdot 10\text{a}^{-1}$ 。1997—2010年为明显增暖期,除2003年低于历史平均值(9.6°C) 0.1°C 外,其余13年都大于历年平均值,尤其1998、1999、2006年出现历史最高值 10.6°C 。在气候变暖背景下,无霜期相应延长,线性趋势的延长速率为 $7\text{d}\cdot 10\text{a}^{-1}$,其年际变化特征主要体现为两个转折点和三个时期,1983年为无霜期延长与缩短的第一个转折点,1995年为无霜期的缩短与延长的第二个转折点。三个变化时期分别为无霜延长期、缩短期和平稳延长期。其中1971—1983年为延长期,趋势线的延长速率为 $15.4\text{d}\cdot 10\text{a}^{-1}$;1984—1997年为无霜期缩短期,趋势线的缩短速率为 $11.4\text{d}\cdot 10\text{a}^{-1}$;1998—2010年的平稳延

长期,除 2010 年无霜期 159.3 天接近常年(160 天)外,其余年份均大于历年平均值,1998 年、2003 年的无霜期分别达到 187 和 181 天,超出历年平均值 20 余天。年平均气温与无霜期的年际变化两者趋势线

近于平行,都处于上升趋势,尤其在 1998 年以后气温处于明显上升阶段,无霜期处于稳定延长期,充分说明无霜期的延长是在气候变暖背景下形成的。

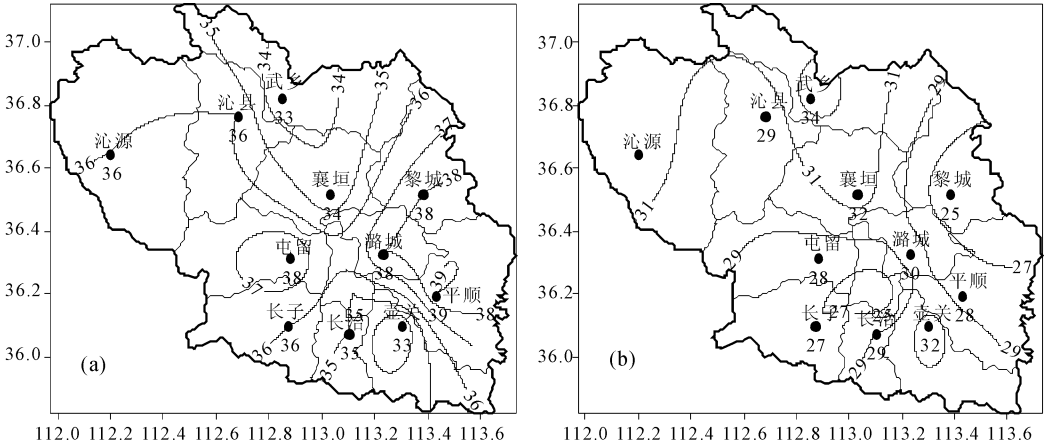


图 1 1971—2010 年山西东南部平均初(a)、终(b)霜冻日期分布特征

Fig.1 The distribution characteristics of average first frost dates(a) and last frost dates(b) in southeastern Shanxi during 1971 to 2010

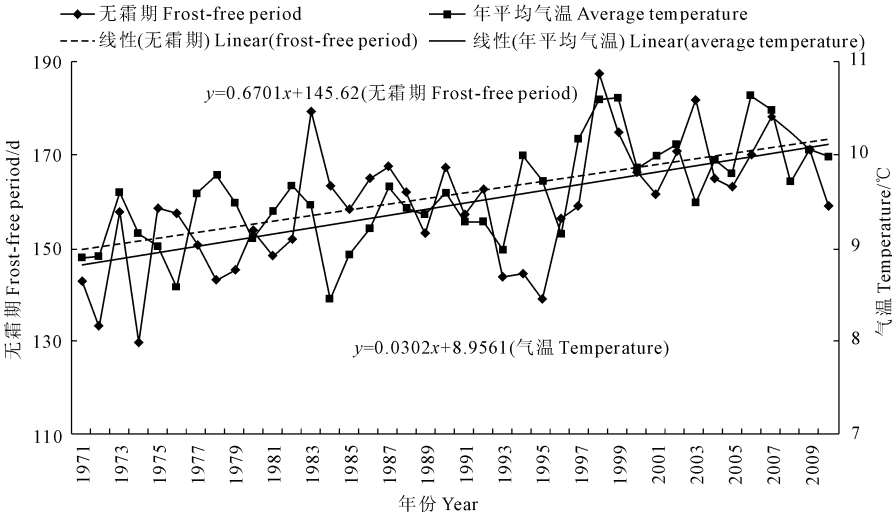


图 2 1997—2010 年气温与无霜期的年际变化特征

Fig.2 The interannual variation characteristics of temperature and frost-free period during 1997 to 2010

2.3 春季增暖与终霜冻日期的变化分析

图 3 显示,春季平均气温与终霜冻日期的年际线性变化呈现出相反趋势。春季平均气温的年际变化处于上升趋势,其上升速率为 $0.25^{\circ}\text{C}\cdot 10\text{a}^{-1}$,终霜冻日期呈现出提前趋势,其提前速率为 $4\text{ d}\cdot 10\text{a}^{-1}$ 。两者趋势线交叉于 1992 年,从交叉年始,春季的增暖趋势与终霜冻日期的提前趋势显得更为明显,尤其 1997 年以来,春季平均气温高出历年均值 $(10.9^{\circ}\text{C})0.6^{\circ}\text{C}$,趋于明显增暖期,对应终霜冻平均日期比历年平均日期提前 7 天。终霜冻日期的年际变化可分为偏晚、偏早、正负震荡和偏早四个时期。1971—1982 年为终霜结束偏晚期,除 1973、1975 年

接近历年平均终霜日外,其余 8 年均偏晚,尤其 1980 年终霜日出现在 5 月 15 日,为终霜日结束最晚的年份;1983—1988 年为终霜日偏早期,终霜日期均提前于历年均值;1989—1996 年为终霜日的正负震荡期;1997—2010 年为终霜日的偏早期,除 2010 年终霜偏晚历年平均日期 1 天外,其他年份都提前于历年平均日期,其中 1997 年、2002—2004 年的终霜日结束于 4 月中旬,1998 年的终霜日出现在 4 月 10 日为历史最早的年份。山西东南部终霜冻日期的年际变化出现提前趋势以春季增暖为背景。

2.4 秋季增暖与初霜冻日期的变化特征

山西东南部的平均初霜日为 10 月 6 日,初霜日

的年际变化特征与秋季气候变暖有着明显关系,图 4 显示:秋季气温的线性趋势为上升趋势,上升速率为 $0.2^{\circ}\text{C}\cdot 10\text{a}^{-1}$,随着秋季气候的增暖,初霜日期处于推后趋势,其推后速率为 $3\text{ d}\cdot 10\text{a}^{-1}$ 。图 5 中将初霜日期的年际变化特征分为三个阶段,第一阶段为 1971—1983 正负震荡推后期,该阶段的初霜趋势推后速率为 $1.5\text{ d}\cdot \text{a}^{-1}$,尤其 1983 年的初霜出现在 10 月 26 日,属历史最晚的一年;第二阶段为 1984—

1997 年初霜偏早期,该阶段初霜提前速率为 $1\text{ d}\cdot \text{a}^{-1}$,除 1990 年的初霜日偏晚历年平均日期 12 d 外,其余年份均提前于 10 月 6 日;1998—2010 年为初霜平稳退后期,除 2004 年的初霜日提前于历年平均日期 5 天外,其余年份初霜日均偏晚,尤其 2008 年的初霜日出现在 10 月 22 日,偏晚历史均值(10 月 6 日)14 d。在秋季气候变暖背景下,初霜日期的推后对延长中晚熟农作物的生长期非常重要。

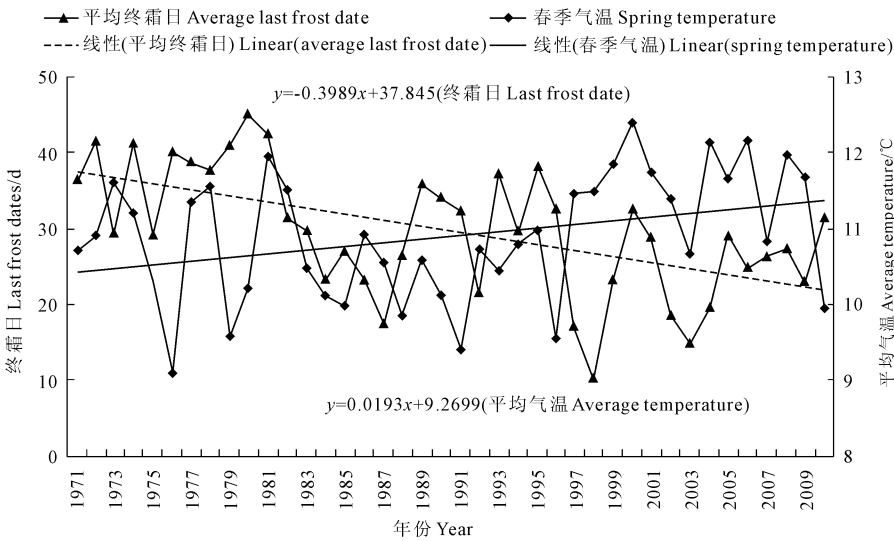


图 3 1971—2010 年春季气温与终霜冻日的变化特征

Fig.3 The change characteristics of temperatures and last frost dates in spring season during 1971 to 2010

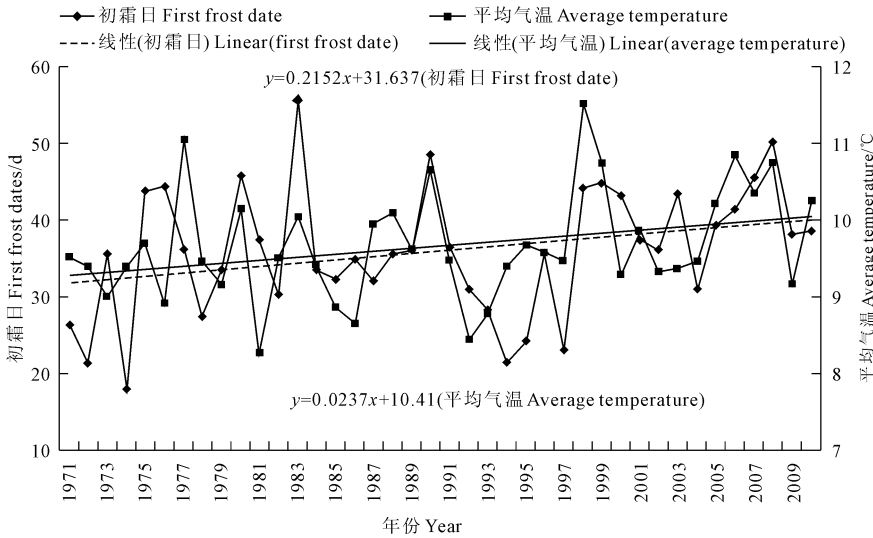


图 4 1971—2010 年秋季气温与初霜冻日的变化特征

Fig.4 The change characteristics of temperature and first frost dates in autumn season during 1971 to 2010

3 结论与讨论

1) 气候变暖成为不争的事实,山西东南部 40 年来变暖较为明显,增温趋势分为两个阶段,1971—1996 年为震荡缓慢增暖期,1997 年开始趋于明显增暖期,

气候增暖的速率为 $0.3^{\circ}\text{C}\cdot 10\text{a}^{-1}$;气候变暖造成无霜期延长,无霜期的年际变化可分为延长期、缩短期和平稳延长期,其延长速率为 $7\text{ d}\cdot 10\text{a}^{-1}$,1998 年以后气温处于明显上升期与无霜期稳定延长期相对应,充分说明无霜期的延长是在气候变暖背景下形成的。

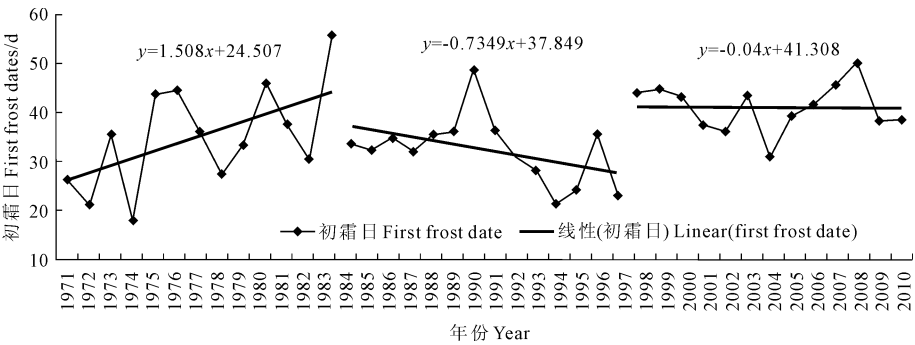


图 5 1971—2010 年初霜日的三个阶段变化特征

Fig.5 Three stages change characteristics of first frost dates during 1971 to 2010

2) 春季平均气温以 $0.25^{\circ}\text{C}\cdot 10\text{a}^{-1}$ 的速率递增, 在春季气候增暖的前提下, 终霜冻日期的年际变化呈现出偏晚期、偏早期、正负震荡期、偏早期四个主要变化时期。总体趋势的提前速率为 $4\text{ d}\cdot 10\text{a}^{-1}$ 。尤其 1997 年以来, 春季的明显增暖与终霜日的偏早期明显相对应。

3) 秋季平均气温的上升速率为 $0.2^{\circ}\text{C}\cdot 10\text{a}^{-1}$, 随着秋季气候的渐暖, 山西东南部的初霜日期渐续推后, 其变化趋势为正负震荡推后期、偏早期和平稳推后期, 总体趋势推后速率为 $2\text{ d}\cdot 10\text{a}^{-1}$ 。山西东南部初霜日期的推后趋势形成于秋季增暖的前提下。

4) 初终霜冻日期的时域分布与特殊的地理环境条件关系密切。虽然在较强冷空气的影响下, 晴朗无风、温度较低是霜冻发生的气象条件, 但特殊的地理环境也是霜冻时域分布差异的主要原因。霜冻易发生在地势低、地形闭塞、冷空气容易沉积、风小冷空气不易混合的地区。

5) 无霜期对农业来讲是个很重要的热量指标, 与农作物生长关系密切, 无霜期长, 作物生长期相对就长, 无霜期的延长对农作物的生长提供足够的热量资源。终霜冻的提前有利于适时春播保障作物苗期的安全生长。初霜时间的推迟, 则有利于中晚熟农作物的安全成熟。

参 考 文 献:

[1] 李国强, 狄小英, 贾海燕, 等. 2009 年临汾市初霜冻成因分析 [J]. 山西师范大学学报, 2010, 24(3): 94-96.
[2] 王锡稳, 孙兰东, 张新荣, 等. 甘肃春季一场罕见强霜冻、冻害天气的分析 [J]. 干旱气象, 2005, 23(4): 7-11.
[3] 张旭晖, 谢小萍, 霍金兰, 等. 江苏初霜冻期发生时空变化特征 [J]. 江苏农业科学, 2012, 40(4): 324-327.
[4] 马柱国. 中国北方地区霜冻日的变化与区域增暖相互关系 [J]. 地理学报, 2003, 58(增): 31-37.
[5] 林培松, 素森, 李保生. 近 50 年来海南岛西部气候变化初步研究 [J]. 气象, 2005, 31(2): 515-514.
[6] 林学春, 于淑秋. 近 40 年我国气候趋势 [J]. 气象, 1990, 16(10): 1621.

(上接第 136 页)

3 结 论

在日光温室中以番茄为供试作物, 以土壤水分作为控制灌水指标, 研究秸秆生物反应堆和滴灌条件下番茄生长特性的变化规律, 主要得出以下的结论: ① 应用秸秆生物反应堆技术的番茄植株株高和茎粗好于对照试验区, 说明秸秆生物反应堆技术有利于作物营养生长。② 无论是秸秆试验区还是对照试验区, 当作物土壤含水量在 $60\% \sim 80\% \theta_f$ 时植株光合效率更高, 更有利于干物质积累。③ 应用秸秆生物反应堆技术的试验区番茄的蛋白质、可溶性糖、Vc、有机酸含量优于对照区, 说明秸秆生物反应堆对改善作物的品质具有积极作用。④ 应用秸秆生

物反应堆技术的秸秆试验区番茄产量明显高于对照试验区的番茄产量, 说明秸秆生物反应堆对提高番茄产量具有积极促进作用。

参 考 文 献:

[1] 郝永乐, 邹志荣. 早春温室黄瓜生产中秸秆生物反应堆应用效果的研究 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2009.
[2] 曹永新, 兰永富. 秸秆生物反应堆技术在日光温室中的应用 [J]. 吉林农业, 2010, (9): 143.
[3] 李波, 王斌, 王铁良, 等. 秸秆生物反应堆技术对温室秋冬茬番茄生长环境影响研究 [J]. 灌溉排水学报. 2011, (30): 95-98.
[4] 马世林, 王铁良, 张玉龙, 等. 日光温室青椒滴灌最佳灌水下限组合试验研究 [J]. 中国农村水利水电, 2011, (2): 62-68.
[5] 李波, 赵莹, 王铁良, 等. 小管出流条件下土壤水分对树莓果实品质的影响 [J]. 北方园艺, 2011, (14): 5-8.