覆膜时间与方式对山旱地春甘蓝产量和水分利用效率的影响

张忠平[1],伏建国[2],唐瑞永[1],李鹏奎[1]
(1.天水市农业科学研究所,甘肃 天水 741001;2.天水市蔬菜产业开发办公室,甘肃 天水 741000)

摘 要:以中甘21号甘蓝为试验材料,研究了覆膜时间及覆膜方式对山旱地春甘蓝产量和水分利用效率的影响。结果表明:秋季全膜双垄沟显著提高山旱地春甘蓝定植时0~100 cm土层内和结球期0~60 cm土层内的土壤含水量,促进了甘蓝的生长;秋季全膜双垄沟的产量和水分利用效率为41 000 kg·hm^{-2}和210.61 kg·mm^{-1}·hm^{-2},较秋季全膜平铺、春季全膜双垄沟、春季全膜平铺、秋季半膜平铺、春季半膜平铺(CK)分别提高14.42%~89.23%和20.67%~88.58%,差异均达极显著水平;秋季全膜双垄沟显著提高了山旱地春甘蓝的产量和水分利用效率,可作为天水市山旱地春甘蓝的主要栽培方式。

关键词:山旱地;甘蓝;覆膜时间;覆膜方式;产量;水分利用效率
中图分类号:S635.048 **文献标志码**:A **文章编号**:1000-7601(2013)01-0041-05

Effects of different film mulching periods and methods on yield and water use efficiency of dryland spring cabbage (*Brassica oleracea* L. *var*. *capitata* L.) in mountainous region

ZHANG Zhong-ping[1], FU Jian-guo[2], TANG Rui-yong[1], LI Peng-kui[1]
(1. *Tianshui Academy of Agricultural Sciences*, *Tianshui*, *Gansu* 741001, *China*;
2. *Tianshui Vegetable Industry Development Office*, *Tianshui*, *Gansu* 741000, *China*)

Abstract: Using Zhonggan21 as the experimental material, an experiment was conducted to study the effects of different film mulching periods and modes on yield and water use efficiency of dryland spring cabbage in mountainous region. The results showed that autumn whole mulching on double ridges significantly improved soil water content in 0~100 cm during transplanting stage and in 0~60 cm during heading stage, and promoted the growth cabbage. The yield and water use efficiency of cabbage under autumn whole mulching on double ridges was 41 000.00 kg·hm^{-2} and 210.61 kg·mm^{-1}·hm^{-2} respectively, which was significantly increased by 14.42%~89.23% and 20.67%~88.58% compared with autumn whole mulching; spring whole mulching on double ridges, spring whole mulching, autumn half mulching and spring half mulching. Therefore, autumn whole mulching on double ridges could improve the yield and water use efficiency of spring cabbage, and could be adopted as a major cultivation method of spring cabbage in dryland in mountainous region of Tianshui City.

Keywords: dryland; cabbage; film mulching period; film mulching method; yield; water use efficiency

近年来在天水市山区示范推广的山旱地春甘蓝(*Brassica oleracea* L. *var*. *capitata* L.)是天水市高原夏菜生产中的主要蔬菜种类之一,产量30 000~45 000 kg·hm^{-2},产值12 000~18 000元·hm^{-2},生产面积达1 500 hm^2,已成为天水市调整山区种植结构、促进山区农民增收的重要产业。天水市位于甘肃陇中黄土高原与秦岭山脉之间,属温带半湿润半干旱气候过度区域,境内山多川少、沟壑纵横,90%以上的耕地分布于山区,年降雨量420~610 mm,且春少秋多,分布不均匀[1]。山旱地春甘蓝生长所需的水源主要来自天然降水,而土壤中蓄存的水分越多,对春甘蓝的生长就越有利,目前天水市山旱地春甘蓝主要以春季半膜平铺为主,集雨面和保墒面较小,导致产量和自然降水利用率低;关于旱作栽培提

收稿日期:2012-05-25
基金项目:甘肃省科技重大专项(0801NKDE018)
作者简介:张忠平(1971—),男,甘肃甘谷人,副研究员,主要从事蔬菜栽培技术研究与推广工作。E-mail:zhangzp1970@163.com。
通信作者:伏建国(1964—),男,甘肃秦安人,推广研究员,主要从事蔬菜栽培技术研究与推广工作。E-mail:fjgxmb@163.com。

万方数据

高产量和水分利用效率的研究主要在玉米、冬小麦、大豆、冬油菜等大田作物上[2-5]，而有关露地甘蓝节水方面的研究主要在不同灌溉方式上[6-8]；笔者在多年研究山旱地蔬菜栽培技术的基础上，研究了不同覆膜方式、不同覆膜时间对山旱地春甘蓝产量与水分利用效率等的影响，以期为山旱地春甘蓝节水栽培提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试验地条件

供试甘蓝品种为当地主栽品种中甘21号(中国农业科学院蔬菜花卉研究所提供)，地膜幅宽70 cm、120 cm，厚0.008 mm(天水天宝塑业有限责任公司提供)。试验于2008—2010年连续二年在天水市秦州区中梁乡何家湾村天水市农业科学研究所中梁试验站进行，海拔1 650 m，年平均降雨量446.4 mm。

1.2 试验设计

试验采用二因素随机区组设计。A因素为覆膜时间，设春季覆膜、秋季覆膜2水平；B因素为覆膜方式，设半膜平铺、全膜平铺、全膜双垄沟3水平，共6个处理，分别是春季半膜平铺(简称S-N)、春季全膜平铺(简称S-W)、春季全膜双垄沟(简称S-D)、秋季半膜平铺(简称A-N)、秋季全膜平铺(简称A-W)、秋季全膜双垄沟(简称A-D)，以春季半膜平铺为对照；3次重复，小区面积6 m×3 m、株行距40 cm×50 cm；秋季覆膜于上年10月26日进行，春季覆膜于当年3月5日进行顶凌覆膜；半膜平铺采用幅宽70 cm的超薄膜，全膜平铺和全膜双垄沟采用幅宽1.2 m的超薄膜。试验地每667 m^2施充分腐熟的农家肥3 000 kg、磷酸二铵20 kg、尿素15 kg。试验于3月10日在日光温室育苗，4月23日定植(全膜双垄沟在沟内定植，全膜平覆和半膜平覆在膜面定植)，7月1日采收；定植时先挖10 cm×10 cm穴、浇水1 L后栽苗，定植后不再浇水，田间管理同当地大田生产。

1.3 土壤水分及结球甘蓝性状、产量测定

土壤水分用烘干法测定[9]，用土钻于4月23日、5月8日、5月23日、6月8日、6月23日、7月1日共采样6次，分层取样，每20 cm一层，深度100 cm，同时用环刀法测土壤容重。

土壤含水量(%)=100×(湿土重-干土重)/烘干土重

土壤贮水量(mm)= $C_1 \times M_1 \times D_1 \times 10 + C_2 \times M_2 \times D_2 \times 10 + \cdots + C_n \times M_n \times D_n \times 10$

C_n、M_n、D_n分别代表第n层土壤容重($g \cdot cm^{-3}$)、含水量(%)、测定深度(cm)[10]。

甘蓝株高、株幅、球高、球径、紧实度于采收期选择中间一行测定，同时称球重和叶重，计算单球重、小区产量和净菜率。

1.4 水分利用效率的计算

水分利用效率的计算方法参照张正斌作物水分利用效率估算模型[11]，并按马天恩等研究方法[12]进行了简化，计算如下式：

$$ET = \triangle W + P \quad (1)$$

式中，ET为甘蓝生育期内的耗水量(mm)；$\triangle W$为土壤贮水量在一段时间内的变化量(mm)；P为该阶段的降水量(mm)。

$$WUE = GY/ET \quad (2)$$

式中，WUE为经济学产量水平的水分利用效率；GY为经济学产量。

1.5 数据处理

采用Microsoft Excel 2003软件处理数据，DPS软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对春甘蓝植株性状的影响

从表1看出，不同处理甘蓝植株性状存在差异。甘蓝株高、株幅、球高、球径、叶球重、净菜率在覆膜时间上秋季覆膜较春季覆膜高，在覆膜方式上全膜双垄沟较全膜平铺高、全膜平铺较半膜平铺高，在二因素互作中秋季全膜双垄沟表现最高，秋季全膜平铺、春季全膜双垄沟和春季全膜平铺次之，秋季半膜平铺和春季半膜平铺(CK)最低；秋季全膜双垄沟甘蓝株高、株幅、球高、球径、叶球重、净菜率分别为19.3 cm、39.7 cm、13.3 cm、13.6 cm、0.82 kg、68.35%，较春季半膜平铺(CK)分别提高19.14%、19.22%、24.30%、21.43%、90.70%、17.38%，差异均达显著水平；6个处理甘蓝的紧实度都大于0.6，均表现结球紧实[13]，但与株高、株幅、球高、球径、叶球重、净菜率呈相反的变化趋势。以上结果表明秋季全膜双垄沟能显著提高山旱地春甘蓝的生长势。

2.2 不同处理对甘蓝产量的影响

从表1看出，不同处理甘蓝产量存在显著差异。覆膜时间二水平秋季覆膜和春季覆膜小区平均产量分别为59.93、51.93 $kg \cdot 18m^{-2}$，秋季覆膜较春季覆膜提高15.41%，差异达极显著水平；覆膜方式三水平全膜双垄沟、全膜平铺、半膜平铺小区平均产量分别为67.55、60.00、40.25 $kg \cdot 18m^{-2}$，全膜双垄沟较全膜平铺、半膜平铺分别提高12.58%、67.83%，差异均达极显著水平；在二因素互作中，秋季全膜双垄沟小区产量为73.8 $kg \cdot 18m^{-2}$，折合产量41 000.00 $kg \cdot hm^{-2}$，分别较秋季全膜平铺、秋季半膜平铺、春

万方数据

季全膜双垄沟、春季全膜平铺、春季全膜平铺(CK)增产 14.42%、77.87%、20.41%、32.97%、89.23%,差异均达极显著水平。表明秋季全膜双垄沟能显著提高山旱地春甘蓝的产量。

表 1　不同处理对山旱地春甘蓝农艺性状的影响

Table 1　Effect of different treatments on agronomic traits and yield of dry-land spring cabbage

处理 Treatments	株高 Height of plant /cm	株幅 Extent of plant /cm	球高 Height of head /cm	球径 Diameter of head /cm	叶球重 Weight per head /kg	紧实度 Compactness	净菜率 Net head rate /%	小区产量 Plot yield /(kg·18m^{-2})
S-N(CK)	16.2bA	33.3cB	10.7bB	11.2cC	0.43dC	0.86aA	58.23cA	39.0dD
S-W	18.3abA	35.8bcAB	12.2aAB	12.3bcABC	0.62cBC	0.84abAB	65.37abcA	55.5cC
S-D	19.0aA	37.7abAB	12.2aAB	13.0abAB	0.68bcB	0.82bcBC	67.03abA	61.3bBC
A-N	18.0abA	33.9cB	10.8bB	11.6cBC	0.46dC	0.84abAB	59.87bcA	41.5dD
A-W	18.3abA	39.1abA	12.3aAB	13.1abAB	0.72bB	0.80cCD	65.23abcA	64.5bB
A-D	19.3aA	39.7aA	13.3aA	13.6aA	0.82aA	0.77dD	68.35aA	73.8aA

注:紧实度 = $6W/\pi DH^2$, W - 叶球重(g), D - 球高(cm), H - 球径(cm)。不同的大小写字母分别表示在 0.01 和 0.05 水平上差异显著。下同。

Note: Compactness = $6W/\pi DH^2$, in which: W - weight per head (g), D - height of head (cm), H - diameter of head (cm). Different capital and lowercase letters mean significant difference at 0.01 and 0.05 levels respectively. The same as below.

2.3　不同处理对甘蓝生育期土壤水分的影响

从图 1 看出,不同处理在不同土层含水量变化趋势相似,不同处理在同一土层的土壤含水量存在显著差异,且随着土层深度加大,差异逐渐缩小。覆膜时间二水平秋季覆膜较春季覆膜土壤含水量高;覆膜方式三水平全膜双垄沟土壤含水量较全膜平铺高、全膜平铺较半膜平铺高。二因素互作中,秋季全膜双垄沟在 0 ~ 100 cm 分层土壤含水量中均为最高,与对照春季半膜平铺差异均达极显著水平。

从图 1 还可看出,不同处理在 0 ~ 20 cm 土壤含水量变化幅度最大,20 ~ 40 cm、40 ~ 60 cm 次之,60 ~ 80 cm、80 ~ 100 cm 变化幅度最小;甘蓝定植至包心期(4 月 23 日至 5 月 23 日),土壤含水量变化不大;在包心至成熟期(5 月 23 日至 7 月 1 日),土壤含水量呈递减的趋势。甘蓝根系主要分布在 0 ~ 60 cm 土层内,结球期土壤水分的多少,直接影响甘蓝产量的高低[14],在 6 月 8 日、6 月 23 日、7 月 1 日的三次土壤贮水量测定中,秋季全膜双垄沟 0 ~ 60 cm 土壤贮水量分别为 152.46、133.52、119.46 mm,较秋季全膜平铺、秋季半膜平铺、春季全膜双垄沟、春季全膜平铺、春季半膜平铺(CK)分别提高 3.46% ~ 13.83%、5.20% ~ 19.11%、7.19% ~ 21.06%,差异均达显著水平。

上述分析表明,秋季全膜双垄沟显著提高了春甘蓝结球期土壤水分,是山旱地春甘蓝栽培的高效集雨节水与抗旱保墒栽培方式。

2.4　不同处理对水分利用效率的影响

从表 2 看出,不同处理春甘蓝的水分利用效率存在显著差异。覆膜时间二水平秋季覆膜和春季覆膜的平均水分利用效率分别为 166.28、150.32 kg·mm^{-1}·hm^{-2},秋季覆膜较春季覆膜提高 10.62%,差异达极显著水平;覆膜方式三水平全膜双垄沟、全膜平铺、半膜平铺的平均水分利用效率分别为 195.53、166.68、112.69 kg·mm^{-1}·hm^{-2},全膜双垄沟较全膜平铺、半膜平铺分别提高 17.31%、73.51%,差异均达极显著水平;在二因素互作中,秋季全膜双垄沟水分利用效率为 210.61 kg·mm^{-1}·hm^{-2},分别较秋季全膜平铺、秋季半膜平铺、春季全膜双垄沟、春季全膜平铺、春季半膜平铺(CK)提高 20.67%、85.25%、16.70%、32.61%、88.58%,差异均达极显著水平。表明秋季全膜双垄沟可显著提高山旱地春甘蓝的水分利用效率。

3　讨论与结论

1) 土壤水分是制约植物生长和产量的主要环境因素之一[15],而山旱地春甘蓝生长所需的水源主要来自天然降雨和土壤中蓄存的雨水,且在春季雨水较少[16],因此土壤中蓄存的水分越多,对春甘蓝的生长就越有利。本试验结果表明,在覆膜时间上,秋季覆膜较春季覆膜显著提高甘蓝定植时 0 ~ 100 cm 土层内的土壤含水量;在覆膜方式上,全膜双垄沟较全膜平铺、半膜平铺显著提高甘蓝结球期 0 ~ 60 cm 土层内的土壤含水量;秋季全膜双垄沟不但蓄存了秋季大量的自然降雨、可实现秋雨春用[17],而且在生育期内能最大限度地接纳自然降雨、降低土壤水分蒸发[18],显著提高山旱地春甘蓝生育期土

万方数据

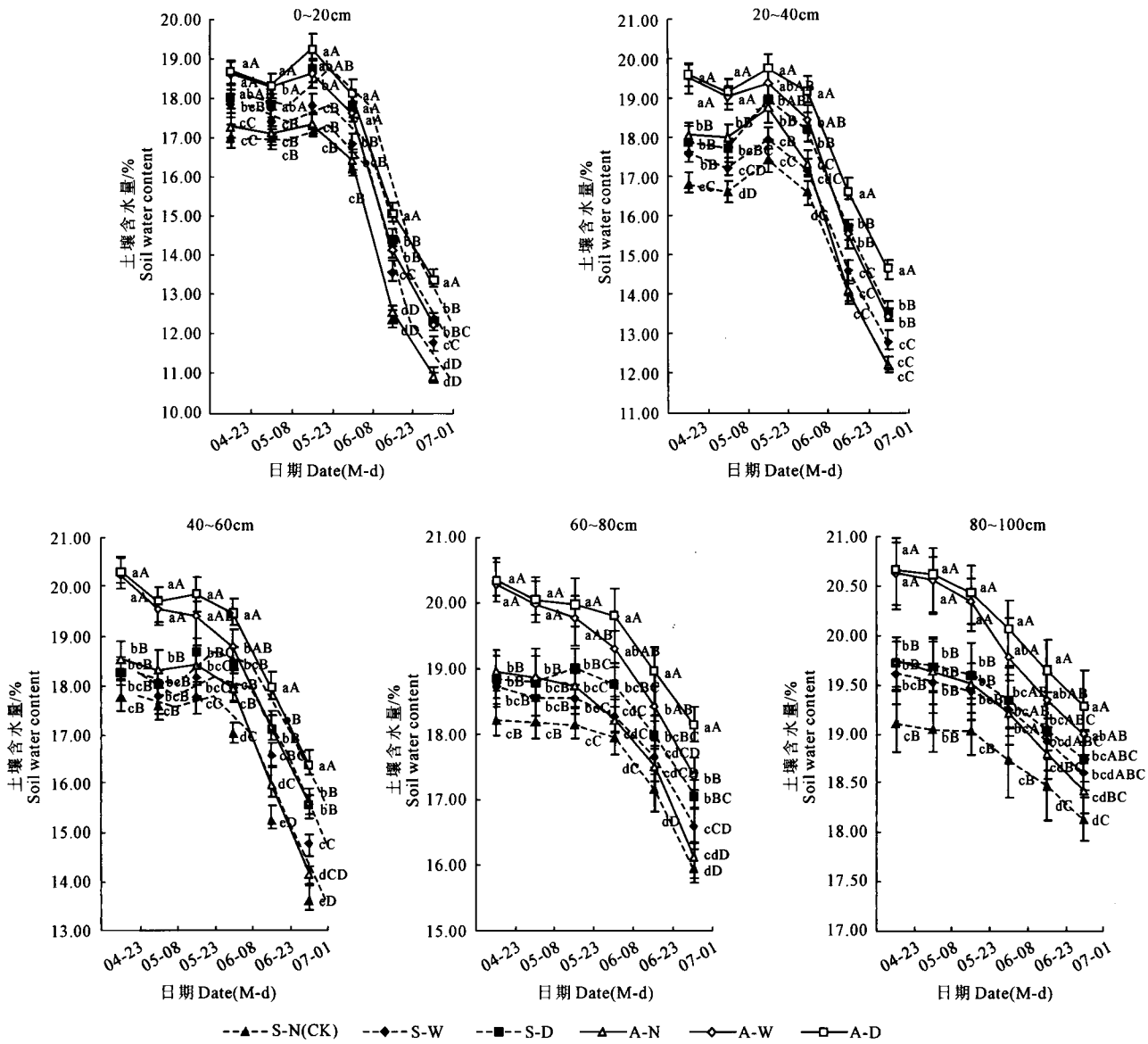

图1 不同处理对山旱地春甘蓝生育期0~100 cm土层土壤含水量的影响

Fig.1 Effect of different treatments on soil water content in 0~100 cm layered during growth periods of dry mountain land spring cabbage

表2 不同处理对山旱地春甘蓝水分利用效率的影响

Table 2 Effect of different treatments on water use efficiency of dry-land spring cabbage

处理 Treatments	定植时土壤贮水量 Soil water storage at planting stage /mm	采收时土壤贮水量 Soil water storage at harvesting stage /mm	生育期降雨量 Rainfall during growth period /mm	灌水量 Irrigation amount /mm	耗水量 Water consumption /mm	经济产量 Economic yield /(kg·hm^{-2})	水分利用效率 Water use efficiency /(kg·mm^{-1}·hm^{-2})
S-N(CK)	236.72cC	189.96eD	142.2	5.0	193.96bB	21666.67dD	111.68dC
S-W	246.94bB	200.01cC	142.2	5.0	194.14bB	30833.33cC	158.82cB
S-D	248.87bB	207.36bB	142.2	5.0	188.71cC	34055.56bBC	180.46bB
A-N	248.59bB	192.96dD	142.2	5.0	202.83aA	23055.56dD	113.69dC
A-W	266.52aA	208.34bB	142.2	5.0	205.39aA	35833.33bB	174.53bcB
A-D	267.41aA	219.79aA	142.2	5.0	194.82bB	41000.00aA	210.61aA

万方数据

壤水分,促进了山旱地春甘蓝的生长。

2) 山旱地春甘蓝产量和水分利用效率均表现秋季覆膜高于春季覆膜,全膜双垄沟高于全膜平铺和半膜平铺,且秋季全膜双垄沟山旱地春甘蓝产量和水分利用效率为 41 000.00 $kg \cdot hm^{-2}$和 210.54 $kg \cdot mm^{-1} \cdot hm^{-2}$,较秋季全膜平铺、春季全膜双垄沟、春季全膜平铺、秋季半膜平铺、春季半膜平铺(CK)分别提高 14.42% ~ 89.23%和 20.67% ~ 88.58%,差异均达极显著水平;秋季全膜双垄沟显著提高了甘蓝的产量和水分利用效率,具有明显的抗旱、保墒和节水效果,可作为天水市山旱地春甘蓝的主要栽培方式。

3) 李尚中等研究认为全膜双垄沟能提高玉米生育期耕层地温[19],杨祁峰等研究认为秋季覆膜能提高玉米土壤有效积温[20]。秋季全膜双垄沟能显著提高山旱地春甘蓝生长势、产量和水分利用效率的另一原因是山旱地春甘蓝生育期短(从定植至采收 60 ~ 70 d),较高的耕层地温和土壤有效积温,有利于甘蓝的结球,促进短期内形成较高的产量。

4) 干旱可导致甘蓝不结球或结球松散[14]。在本试验中甘蓝株高、株幅、球高、球径、叶球重、净菜率的变化趋势是秋季全膜双垄沟 > 秋季全膜平铺 > 春季全膜双垄沟 > 春季全膜平铺 > 秋季半膜平铺 > 春季半膜平铺,但紧实度呈相反的变化趋势,造成这种现象的原因可能是土壤含水量在某一范围内时,土壤水分高,植株长势强,叶球膨大速度快、紧实度则低,土壤水分低,植株长势弱,叶球膨大速度慢、紧实度则高;而山旱地春甘蓝发生不结球或结球松散现象的土壤含水量范围,还需以后进一步研究。

参 考 文 献:

[1] 刘卫民,蒲金涌,姚晓红,等.天水旱作区土壤水分变化规律及其与冬小麦产量关系研究[J].干旱地区农业研究,2008,26(3):29-32.

[2] 张　雷,牛建彪,赵　凡.旱作玉米提高降水利用率的覆膜模式研究[J].干旱地区农业研究,2006,24(2):8-11.

[3] 王彩绒,田霄鸿,李生秀.沟垄覆膜集雨栽培对冬小麦水分利用效率及产量的影响[J].中国农业科学,2004,37(2):208-214.

[4] 李丽君,高聚林,武向良,等.不同覆膜方式对大豆田水分动态及利用效率的影响[J].大豆科学,2008,(4):262-266.

[5] 武军艳,孙万仓,杨　杰,等.不同覆盖处理对甘肃中部地区甘蓝型冬油菜越冬率及产量的影响[J].干旱地区农业研究,2010,28(4):96-99.

[6] 王志平,周继华,黄兴法,等.交替沟灌在露地春甘蓝上的应用[J].干旱地区农业研究,2010.28(4):40-45.

[7] 黄　伟,张俊花,王伟玲,等.不同灌溉条件对甘蓝生长、水分利用效率和产量的影响[J].灌溉排水学报,2009,28(1):131-134.

[8] 李　娟,范凤翠,石玉芳,等.不同覆盖方式和灌水量对甘蓝生长、品质及产量的影响[J].北方园艺,2010,(15):147-149.

[9] 黄昌勇.土壤学[M].北京:中国农业出版社,1999.

[10] 刘广才,杨祁峰,李来祥,等.旱地玉米全膜双垄沟播技术土壤水分效应研究[J].干旱地区农业研究,2008,26(6):18-28.

[11] 张正斌,山　仑.作物水分利用效率和蒸发蒸腾估算模型的研究进展[J].干旱地区农业研究,1997,15(1):73-78.

[12] 马天恩,高世铭.集水高效农业[M].兰州:甘肃科学技术出版社,1997:78-85.

[13] 中华人民共和国农业部.中华人民共和国植物新品种特异性、一致性和稳定性测试指南(草案).结球甘蓝[S].中华人民共和国农业部,2002.

[14] 蒋先明,王如英,葛晓光,等.蔬菜栽培学各论[M].第三版.北京:中国农业出版社, 1999:29-31.

[15] 杜少平,马忠明,薛　亮.不同覆膜方式对旱砂田西瓜产量品质及土壤水分利用的影响[J].干旱地区农业研究,2010,28(6):122-128.

[16] 姚小英,朱拥军,把多辉,等.天水市 45 年气候变化特征及对林果生长的影响[J].干旱地区农业研究,2008,26(2):240-245.

[17] 赵　凡.玉米双垄全膜模式土壤水分与降水的灰色关联分析及水分利用研究[J]. 干旱地区农业研究,2009,27(1):89-94.

[18] WANG Xiao - Lin, LI Feng - Min, JIA Yu, et al. Increasing potato yields with additional water and increased soil temperature[J]. Agric Water Manag, 2005,78:181-194.

[19] 李尚中,王　勇,樊廷录,等.旱地玉米不同覆膜方式的水温及增产效应[J].中国农业科学,2010,43(5):922-931.

[20] 杨祁峰,岳　云,熊春蓉,等.不同覆膜方式对陇东旱塬玉米田土壤温度的影响[J].干旱地区农业研究,2008,26(6):29-33.

(上接第 19 页)

[22] Wang X L, Li F M, Jia Y, et al. Increasing potato yields with additional water and increased soil temperature[J]. Agriculture water management,2005,78:181-194.

[23] Vara Prasad P V, Craufurd P Q, Summerfield R J. Effect of high air and soil temperature on dry matter production, pod yield and yield components of groundnut[J]. Plant and soil,2000,222:231-239.

[24] Ghosh P K, Devi Dayal, Bandyopadhyay K K, et al. Evaluation of straw and polythene mulch for enhancing productivity of irrigated summer groundnut[J]. Field Crops Research,2006,99:76-86.

[25] 戴　敬,陈荣来,李国军.可降解地膜覆盖棉花增产效应的研究[J].中国生态农业学报,2004,12(2):140-142.

[26] 王荣堂,秦巧燕,董秀荣.地膜覆盖棉花地的生态小气候效应研究[J].湖北农学院学报,2001,21(3):196-198.

[27] Liu C A, Jin S L, Zhou L M, et al. Effects of plastic film mulch and tillage on maize productivity and soil parameters[J]. European Journal of Agronomy,2009,31:241-249.

万方数据