

刘胜尧,张立峰,贾建明,等. 华北旱地覆膜对春甘薯田土壤温度和水分的效应[J]. 江苏农业科学,2015,43(3):287-292.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.03.095

华北旱地覆膜对春甘薯田土壤温度和水分的效应

刘胜尧¹, 张立峰², 贾建明¹, 范凤翠¹, 石玉芳¹, 李志宏¹

(1. 河北省农林科学院农业信息与经济研究所, 河北石家庄 050051; 2. 河北农业大学农学院, 河北保定 071001)

摘要:以华北地区春甘薯为供试作物进行大田试验,研究地膜覆盖对其土壤水分、温度的影响。结果表明:与裸地相比,覆膜处理 0~25 cm 土层平均增温 1.64~3.33 ℃,地积温增加 194.8 ℃,生育期延长 8.2 d。覆膜处理自栽秧到栽后 35 d 的保水与增温效应促进了春甘薯生长,其水分利用率(WUE)较裸地提高 104.3%。但在雨季来临前的干旱期,土壤因快速蒸散而失水,供水土层深达 100 cm,水分胁迫覆膜和裸地处理 WUE 较前期分别降低 63%、27%,产生奢侈耗水现象。进入雨季,各处理土体先后复水,并产生过饱渗漏;覆膜不利降水蒸发,同时会降低土壤气体交换,使春甘薯 WUE、产量降低 3.8%、1.78%,所以在汛期覆膜不利于春甘薯生长发育,会造成减产。

关键词:华北地区;覆膜;土壤水分;春甘薯;土壤温度;产量;水分利用率

中图分类号: S152.7; S531.04 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)03-0287-06

中国是世界第一甘薯种植大国,目前种植面积已达 616 万 hm^2 /年左右,占世界总面积的 67%^[1],其中河北省种植面积达 30 多万 hm^2 /年,主要分布在中北部、山区丘陵地带、土壤贫瘠灌溉条件不发达地区^[2],该区春季干旱少雨、蒸发量

大,气温不稳,冷害频发;夏季降雨集中,水涝频现^[3-4],“春旱、夏涝、秋吊”限制了该区域农田生产力。因此,发展以水分保持和高效利用为主的甘薯种植,对保障与提高该地区粮食产量和农民收入具有重要意义。

目前,地膜覆盖技术已在我国西北、东北地区和华北北部大面积应用^[5-14]。经研究发现,地膜覆盖能够显著改善耕层土壤水热状况^[5-7],增加土壤微生物,增强土壤酶活性,活化土壤养分,显著提高养分有效性^[11-16]。马忠明等认为,西北地区全膜覆盖能提温 2.2 ℃,提高耕层水分含量 2%,加快旱砂田西瓜的生长,蔓长、叶绿素含量和叶面积指数均明显高于 CK,且其产量较 CK 高 145.81%^[5]。杜雄等认为,冀西北高

收稿日期:2014-04-08

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(编号:201203033);河北省科学技术研究与发展计划(编号:12220202D)。

作者简介:刘胜尧(1980—),男,河北武邑人,博士,主要从事农业资源高效利用研究。E-mail: nkynxs@163.com。

通信作者:李志宏,硕士,研究员,主要从事节水农业研究。E-mail: nkylzh@126.com。

耕地资源生产效率。研究区自然灾害频发,农业基础较弱,应加大农业基本建设投资,修复各类农田水利工程,提高防灾、抗灾能力,同时要注意保护植被,禁止乱砍滥伐和乱采沙石。

(5) 加强政策和经济管理。对耕地实现分区保护的政策,针对不同区域的耕地设定不同的征用补偿标准和规范,提高征地的使用经济政治标准,同时积极探索保护耕地社会和生态补偿机制。

4 结论

研究区是经济较发达而耕地资源相对缺乏的地区,如何采用合理的模型方法对耕地需求量进行定性和定量的预测分析,是关系到研究区未来社会经济发展的重大问题。因此,笔者从粮食安全、耕地变化趋势、供给与需求平衡以及社会经济发展等出发,结合研究区的实际情况,综合考虑各种自然和社会因素,从耕地所解决的最根本问题—粮食安全问题角度预测规划目标年的耕地需求量和保护规模,该模型较过去单纯依靠粮食需求预测耕地保护规模有所改进。耕地保护规模测算不仅是技术问题,还是政治问题、经济问题,因此,如何更好地结合国家粮食安全、社会经济发展以及区域经济协调发展等国家、地区方针政策,利用科学的方法模型测算各级行政区域的耕地保护规模,有待更进一步的深入研究。

参考文献:

- [1] 赵抗莉. 基于“粮食安全视角”的耕地面积需求分析——以陕西省为例[J]. 西北农林科技大学学报:社会科学版,2013,13(6):79-83.
- [2] 胡跃高,褚庆全. 我国的粮食安全问题与战略对策[J]. 中国农业科技导报,2005,7(6):10-15.
- [3] 王振伟,李江凤,龚健. 县市耕地保有量预测方法研究——以南阳市为例[J]. 河南农业科学,2006(11):71-74.
- [4] 龚健,刘耀林,陈年山. 耕地保护规模测算方法研究——以湖北省为例[J]. 国土资源科技管理,2006,23(6):62-67.
- [5] 刘景辉,李立军,王志敏. 中国粮食安全指标的探讨[J]. 中国农业科技导报,2004,6(4):10-16.
- [6] 何忠伟. 中国粮食供求模型及其预测研究[J]. 北京电子科技学院学报,2005,13(1):19-22.
- [7] 杨利民,于闽. 我国未来人口发展对耕地的需求分析[J]. 经济地理,2013,33(2):168-171.
- [8] 廖玉. 黔江区土地利用动态变化及其驱动力研究[D]. 重庆:西南大学,2008.
- [9] 农村社会经济调查司. 我国粮食安全评价指标体系研究[J]. 统计研究,2005,166(8):3-9.
- [10] 赵言文,施毅超,胡正义,等. 基于国家粮食安全的长江三角洲地区耕地保护探讨[J]. 长江流域资源与环境,2007,16(4):461-465.

原饲用玉米地膜覆盖可使干物质增产 23.8%,水分利用率(WUE)提高 10%以上,同时还能提高氮利用率,改善饲用玉米品质^[7]。王彩绒等认为,在高氮高密条件下,覆膜处理能提高西北半湿润易旱地区冬小麦的生物产量和籽粒产量,分别为 39.5%、28.9%;耗水量比裸地多 34.8 mm,显著增强了对深层水分的利用,WUE 达 43.7 kg/(mm·hm²)^[8]。王罕博等认为,在西北地区覆膜能够降低春玉米田蒸散量和棵间蒸发量,分别达 6.0%、57.7%,增加经济产量和生物产量 23.7%、15.1%,提高水分利用率 22.6%^[9]。付文娥等认为,地膜覆盖能促进甘薯早期生长发育,使缓苗分枝期、封垄期提前 2~3、3~4 d,比裸地增产 21.2%,大中薯率比裸地高 11.0%^[10]。关于甘薯覆膜效果的研究主要集中在覆膜对甘薯生长、生理和产量的影响方面,关于覆膜对甘薯田水分时空分布规律和甘薯耗水规律的研究未见报道。因此,笔者通过田间试验对华北地区旱作春甘薯覆膜环境下的土壤温度、水分时空变化、水分利用率进行较系统的研究,以明确华北地区旱作覆膜春甘薯田耗水特征,深度揭示春甘薯水分利用规律,为提高华北地区春甘薯产量的技术创新提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验于 2012 年 5—10 月在河北省农林科学院石家庄市

鹿泉区大河镇综合试验站进行,该区属温带半湿润偏旱大陆性季风气候,四季分明,日均气温 13.6℃,年降水量 536 mm,降水主要集中在 7—8 月;日照时数 2 554 h,无霜期 230 d。试验地土壤为黏壤质洪冲积石灰性褐土,0~100 cm 土体土壤容重 1.49 g/cm³,田间持水量 21.17%,凋萎含水量 11.0%;耕层土壤含有机质 1.96%、全氮 0.10%、速效氮 86.10 mg/kg、速效磷 32.75 mg/kg、速效钾 185.40 mg/kg,pH 值 7.74。试验期间气温、日照状况如图 1 所示。

1.2 试验设计

试验设 2 个处理,垄作裸地(带宽 60 cm,每带起底宽 40 cm、顶部宽 25 cm,高 15 cm 的小垄,垄上栽秧,株距 37 cm)、垄作覆膜(带宽 60 cm,每带起底宽 40 cm、顶部宽 25 cm,高 15 cm 的小垄,用 90 cm 宽的地膜全部覆膜沟垄,在垄底部打直径为 0.3 cm 的小孔,便于雨水渗入),重复 3 次,小区面积 54 m²,随机区组排列。垄上栽秧,株距 37 cm。

春甘薯品种冀薯 99 由河北省农林科学院粮油作物研究所提供。栽秧前旋耕整地并施底肥,肥料为包衣缓释肥(N:P₂O₅:K₂O=15%:15%:15%),用量为 900 kg/hm²。春甘薯生长期间按常规管理,整个生育期不灌溉,于 5 月 1 日栽植。

1.3 测定项目与方法

春甘薯各生育阶段的发育进程与形态指标见表 1。

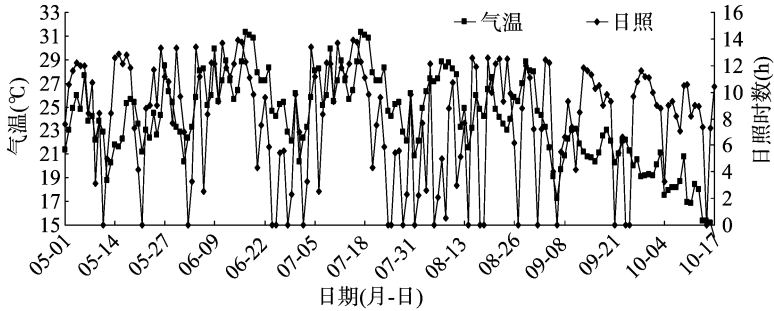


图1 试验区生育期内气象因子(气温、日照时数)的状况

表 1 春甘薯各生育阶段的发育进程与形态指标

日期 (月-日)	发育阶段	形态指标
05-01—05-25	发根缓苗期	薯苗栽植后至根系基本形成,长出新叶
05-26—06-30	分枝结薯期	地上部植株普遍长出分枝
07-01—08-19	薯蔓同长期	地上部生长旺盛,枝蔓封垄
08-19—10-07	薯块盛长期	茎叶生长达高峰后叶面积指数开始下降
10-07—10-17	收获期	甘薯遇霜受冻枯萎

1.3.1 土壤温度的测定 用地温计在 08:00、14:00、20:00 时分别测定 5、10、15、20、25 cm 土层温度,从 5 月 1 日开始一直到收获期定期测定;在分枝结薯期选某一晴天(本研究为 6 月 8 日)08:00—20:00 每隔 2 h 监测地温变化情况。

1.3.2 土壤水分含量的测定 从 5 月 1 日栽秧起到 10 月 17 日收获止,在春甘薯各生育阶段每小区取 0~100 cm 土层土样,每 10 cm 取 1 个样,采用烘干法测定土壤水分。土壤含水量(mm)=土层厚度(cm)×土壤容重(g/cm³)×10×[水质

量(g)/干土质量(g)]÷水密度(g/cm³);春甘薯各生育阶段田间耗水量(mm)=本生育阶段初土壤含水量+降水量-本生育阶段末土壤含水量。

1.3.3 春甘薯取样测定 分别于 6 月 5 日、6 月 20 日、7 月 3 日、7 月 27 日、8 月 26 日、9 月 26 日和 10 月 17 日在每个小区采集具有代表性的植株样品 10 株,鲜样分器官擦洗干净,在 105℃下杀青 30 min,再在 80℃下烘干至恒质量,测生物量。成熟期按小区测定各处理产量。

1.3.4 气象参数 气象数据来源于河北省农林科学院石家庄市鹿泉区大河镇综合试验站气象站的常规测定数据。

2 结果与分析

2.1 华北旱地覆膜对春甘薯田地温的影响

由图 2 可以看出,覆膜和裸地处理的地温变化分为 3 个阶段:第一阶段为发根缓苗期至分枝结薯期(栽后 60 d),2 个处理的地温随时间的推移振荡式升高,其中覆膜处理的地温明显高于裸地处理。0~25 cm 土层平均地温较裸地高 1.64~3.33℃;5 月、6 月春甘薯叶面积指数小,地面裸露,同

时降水少、日照时间长,增加了对太阳辐射热的吸收,覆膜后保温效应显著,土壤升温快,夜间减少了土壤中热量的散失,保持了地温相对稳定,此阶段覆膜增温有利于春甘薯快速缓苗、早发。第二阶段为薯蔓同长期(栽后 61 d)到薯块盛长期(栽后 120 d),春甘薯叶面积指数升高,同时降水量增加、日照时数减少,地温保持稳定,此时期春甘薯块根开始膨大,较低的地温有利于块根发育,由于春甘薯封垄遮盖,因此覆膜增温效应降低,覆膜和裸地处理差异不明显。第三阶段为薯块盛长期(栽后 121 d)至收获期,此阶段地温稳定下降,昼夜温差加大,较低的地温有利于薯块快速膨大。监测结果表明,该阶段覆膜和裸地处理的地温差异不明显,这与薯蔓的地面遮阴

有关。

进一步分析 0~25 cm 土壤平均积温(表 2)可知,覆膜处理地积温明显高于裸地。与裸地处理相比,覆膜春甘薯生育期内地积温增加 190.36 ℃;以裸地 0~25 cm 日均地温估算各处理生长季效应,相应覆膜处理延长生长季达 8.2 d。监测结果表明,地积温随土层加深而降低,覆膜增温土层可达 25 cm。其中,5 cm 土层增温最多,较裸地地积温增加 262.79 ℃,延长生长季达 10.4 d;15 cm 土层增加 141.90 ℃,延长生长季达 5.9 d。

表 2 春甘薯生育期内不同处理的 0~25 cm 地积温

处理	不同土层深度下的地积温(℃)					
	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm	平均值
裸地	4 346.57	4 188.39	4 134.00	3 990.82	3 925.11	4 116.98
覆膜	4 609.36	4 385.22	4 275.90	4 196.51	4 069.69	4 307.34

由图 3 可知,各处理 5 cm 土层温度在 6 月 8 日 08:00—14:00 为升温阶段,覆膜温度最高,达 40.5 ℃,比裸地高 8 ℃。随着土层加深,土壤增温过程表现出滞后性。由于日间急剧增温,覆膜处理 5 cm 层土壤日较差均达 15.0 ℃,为裸地处理的 2.0 倍;15 cm 层土壤日较差为 7.5 ℃,为裸地处理的 1.2 倍。地膜覆盖的日间高额增温与日较差效应会直接影响春甘薯根系发育以及土壤贮水的蒸发潜势。

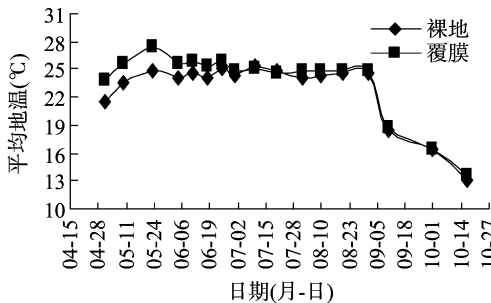


图2 覆膜对春甘薯田 0~25 cm 土壤平均地温的影响

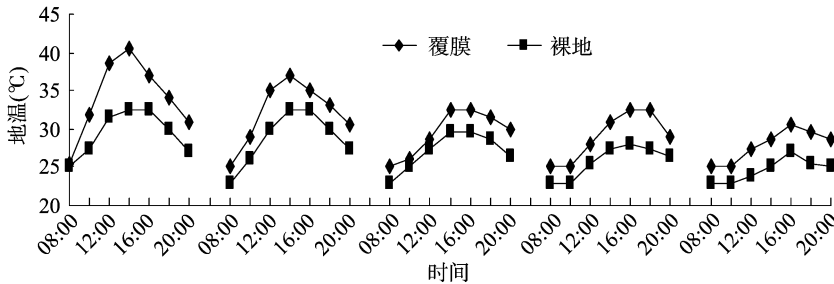


图3 分枝结薯期(6月8日)各处理温度日变化

2.2 华北旱地覆膜对春甘薯田土壤水分时空运动的影响

2.2.1 春甘薯田土壤贮水量时序变化特征 由图 4 可知,从栽秧(5 月 1 日)至栽秧后 33 d(6 月 3 日),土壤贮水量缓速下降。裸地处理消耗土壤贮水 28.9 mm,覆膜处理消耗土壤贮水 14.9 mm,比裸地处理少耗水 48.4%。说明此阶段春甘薯植株叶面积指数低,地面裸露土壤耗水以土壤蒸发为主,覆膜处理可以有效保水。栽后 34~53 d(6 月 4—23 日),土壤贮水量急剧下降至最低谷,其间覆膜处理土壤供水量高达 103.2 mm,0~100 cm 土体贮水量只剩 193.6 mm,只有田间持水量的 56.1%,其间迅速增温与降水少成为春甘薯田土壤贮水高额蒸散的主要外因。覆膜处理土壤贮水量比裸地处理

少 13.6 mm,分枝结薯期春甘薯覆膜处理的快速生长成为土壤贮水高额消耗的主要内因。从栽秧后 54 d 至栽秧后 80 d(6 月 24 日至 7 月 20 日),土壤贮水量小幅提升后保持稳定。该阶段华北地区降水量增加,一定程度上缓解了土壤干旱程度;春甘薯叶面积指数达到最高,田间以作物蒸腾耗水为主,覆膜保水作用甚微。各处理土壤贮水量差别减小,覆膜处理土壤贮水量仍比裸地处理低 2.1 mm。从栽后 81 d 至栽后 113 d(7 月 21 日至 8 月 22 日),土壤贮水量处于增加阶段,该阶段为华北平原主汛期,降水补给是土壤贮水恢复的主要原因。此时,各处理土壤贮水接近饱和,土壤通透性降低,覆膜阻碍春甘薯根系呼吸,不利于春甘薯薯块发育。从栽后 114 d

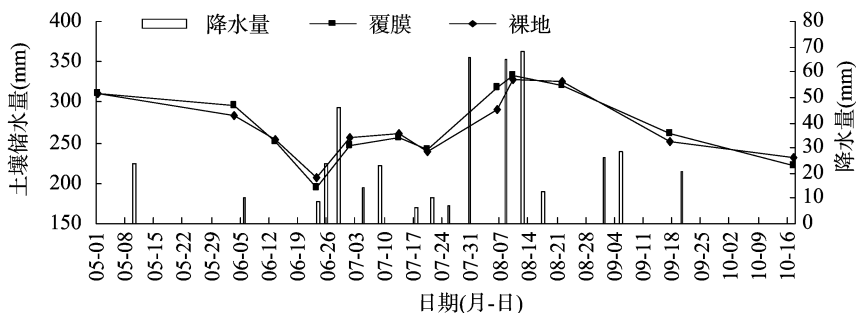


图4 0~100 cm 土层土壤贮水量在春甘薯生育时期内的动态变化

至收获期(8月23日至10月17日)降水量减少,同时土壤耗水以作物蒸腾为主;随着时间的推移,土壤贮水量降低,覆膜处理对水分影响效应降低,土壤贮水差异较小。覆膜处理的土壤贮水量比裸地处理低 10.6 mm。此时,覆膜处理和裸地处理 0~100 cm 土壤贮水量在 221.3~232.3 mm,是田间持水量的 64.2%~67.3%,为春甘薯薯块生长的最适土壤湿度。

2.2.2 春甘薯田生育期内 0~100 cm 土壤水分垂直分布
受农田蒸散耗水和降水的影响,春甘薯生育期内 0~100 cm 土体水分经历消耗、恢复与渗漏过程。在栽后 33 d,由于降水稀少,裸地处理 0~60 cm 土层作为主要供水层呈现消耗过程,其中 0~40 cm 供水占春甘薯田耗水量的 56.6%;覆膜处理 0~40 cm 土层作为主要供水层呈现消耗过程,0~30 cm 供水占春甘薯田耗水量的 43.5%。可见,覆膜能有效减少土水消耗。栽后 42 d,土体贮水持续消耗,供水层深至 100 cm。在栽后 53 d 覆膜处理 60~100 cm 土层供水占田间耗水量的 49.0%,较裸地处理高 9.3 百分点。可见,覆膜能促进深层土体水分的供给,为春甘薯提高抗旱能力提供保障。

栽后 61 d,土体水分变化处于耗水与复水的交叉点,随着

降水量的增加,0~70 cm 土体水分含量开始恢复;与 6 月 23 日比较,70~100 cm 土层耗水 11.3~12.8 mm,可见这天土层贮水仍处于消耗过程中。

栽后 80~113 d(7月20日至8月22日),华北平原进入主汛期,各处理土体水分先后恢复,并出现过饱渗漏。至栽后 101 d,0~100 cm 土体含水量达到田间持水量的 94.8%~96.9%,接近饱和,一直持续到栽后 113 d,土壤含水量始终接近饱和状态,同时过饱和水产生渗漏回补土壤深层水。覆膜处理在此期间由于土壤渍水、通透性差,使春甘薯生长受阻,导致叶面积指数降低。在春甘薯的土体水分恢复期,地膜覆盖非但不能促进土壤蓄水作用,还会降低土壤的通透性,从而

影响春甘薯的生长。
栽后 114 d 至收获期,汛期结束,降水减少,日照时数增加,土壤水分减少,有利于薯块生长,此阶段耗水以作物蒸腾耗水为主,覆膜处理由于前期土壤渍水降低叶面积指数,而降低了土壤浅层耗水。栽后 139 d(9月17日),0~80 cm 耗水比裸地处理少 12.6 mm。至收获日,由于土壤环境适合春甘薯生长,覆膜处理叶面积进一步恢复,耗水量增加,0~100 cm 土壤耗水总量比裸地处理高 47% (图 5)。

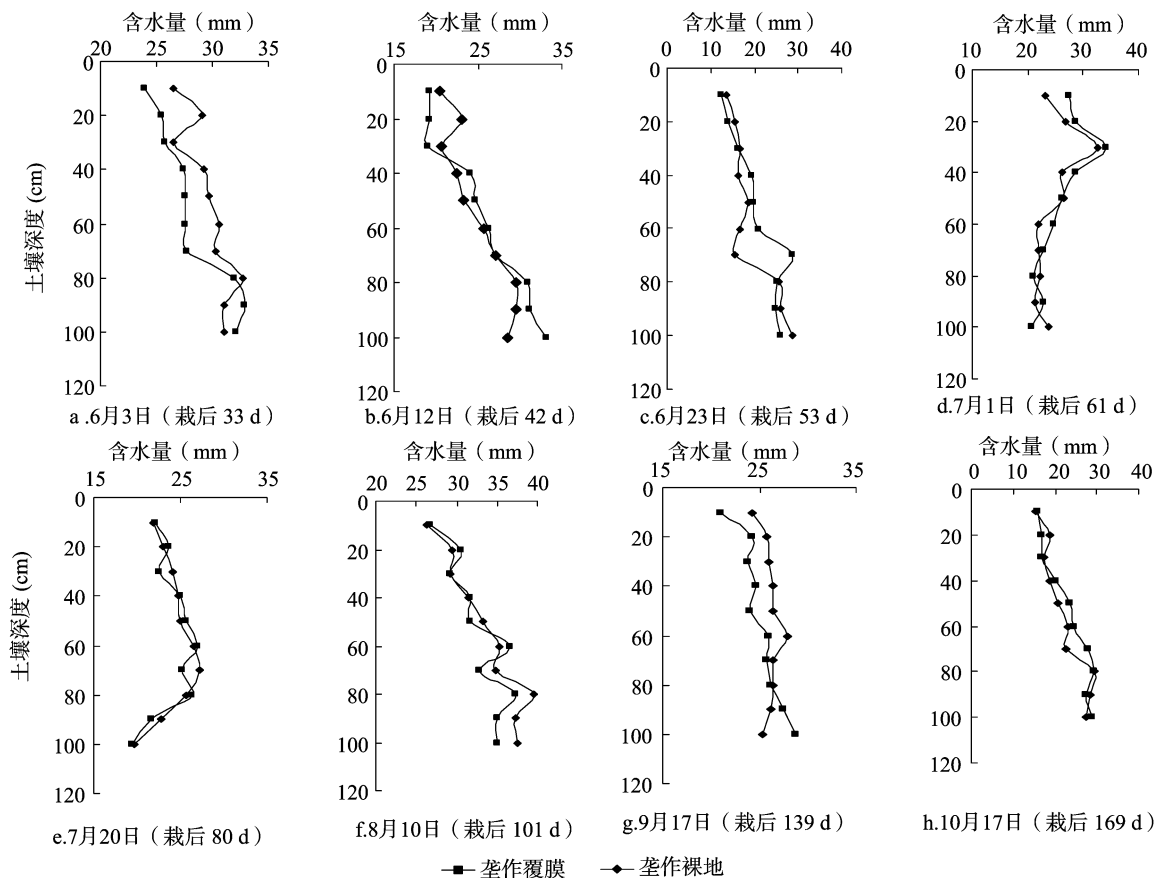


图5 春甘薯田土壤水分垂直分布

2.2.3 春甘薯田各生育时段耗水特征 覆膜处理春甘薯全生育期耗水量和平均耗水强度与裸地处理差异不明显(表 3),而阶段耗水量和耗水强度受覆膜明显影响,表现为覆膜处理耗水量较裸地处理缓发根苗期少、分枝结薯期多、薯蔓同长期少、收获期多的趋势。在栽秧至栽后 33 d,覆膜的耗水强度低于裸地处理 26.9%,相应少耗水 14.2 mm,可见覆膜能有

效阻隔地面蒸发,起保水作用。栽后 34~61 d 春甘薯株体迅速生长,耗水强度大幅增加,覆膜处理比裸地处理耗水强度高 49.7%,耗水量相应增加 18.9 mm。覆膜能改善土壤温度与水分环境,使春甘薯生长加快、生育期提前,更大的株体蒸腾量导致较高的耗水强度。栽后 62~80 d,各处耗水强度均有所降低,在 3.2~3.6 mm/d 之间。该阶段降水量多、日照时

间短(图 1),植株叶面积达最大,从而导致株间蒸发量降低。栽后 81 d 到收获各处理耗水强度进一步降低,这与多降水、少日照的气象环境降低了春甘薯田蒸散潜势有关。表 3 表明,栽后 101~113 d(8 月 10—22 日)各处理耗水强度高达 6.9~8.0 mm/d,栽后 114~139 d(8 月 17 至 9 月 17 日)处理耗水强度高达 4.5~5.1 mm/d,这与高强度降水致使土壤水分渗漏有关。可见,覆膜处理旱季保水效果明显,而雨季降低土壤气体交换,抑制根系呼吸,降低春甘薯生长速率。

表 3 春甘薯各生育期耗水特征

日期(月-日)	耗水量(mm)		日耗水量(mm/d)	
	裸地	覆膜	裸地	覆膜
05-01—06-03	52.9	38.7	1.6	1.1
06-03—06-12	38.0	56.9	3.8	5.7
06-12—06-23	47.9	56.8	4.8	5.7
06-23—07-01	28.5	25.5	3.6	3.2
07-01—07-13	34.1	28.7	3.4	2.9
07-13—07-20	28.7	21.4	4.1	3.1
07-20—08-10	59.2	53.8	2.8	2.6
08-10—08-22	83.0	95.5	6.9	8.0
08-22—09-17	127.2	113.4	5.1	4.5
09-17—10-17	40.5	59.9	1.4	2.0
05-01—10-17	539.9	550.5	3.2	3.3

2.3 华北旱地覆膜对春甘薯田各时段水分利用效率的影响

以覆膜春甘薯的生育阶段为时间标准,比较不同时段间各处理的春甘薯水分利用效果,结果见表 4。从栽秧到栽后 35 d(5 月 1 日至 6 月 5 日),覆膜处理由于显著的增温效应使春甘薯生产量比裸地处理高 49.4%;地膜的保水作用使春甘薯田耗水减少,WUE 提高 104.3%。按照裸地水分利用效率评估覆膜处理的水分运动特征计算,相当于多供水 40.32 mm。可见,覆膜能实现保水与增产的双赢。

栽后 36~50 d 随着温度快速上升,春甘薯田蒸散加剧。

表 4 春甘薯阶段生产量及水分利用效率

日期 (月-日)	降雨量 (mm)	耗水量(mm)		生产量(kg/hm ²)		WUE[kg/(mm·hm ²)]		覆膜多供水 (mm)
		裸地	覆膜	裸地	覆膜	裸地	覆膜	
05-01—06-05	24.00	52.88	38.66	1 773.00	2 648.25	33.53	68.50	40.32
06-05—06-20	10.50	85.84	113.69	2 085.60	2 869.06	24.30	25.24	4.39
06-20—07-03	78.92	28.47	25.50	1 751.25	1 982.64	61.51	77.74	6.73
07-03—07-27	60.60	79.55	66.88	5 701.58	5 372.41	71.67	80.33	8.08
07-27—08-26	211.60	125.40	132.53	3 780.90	2 606.60	30.15	19.67	-46.07
08-26—09-27	54.60	127.20	113.35	1 608.30	1 130.95	12.64	9.98	-23.90
09-27—10-17	20.60	40.53	59.87	4 718.06	4 905.87	116.41	81.95	-17.72
05-01—10-17 生物产量	460.82	539.87	550.47	21 418.68	21 515.77	39.67	39.09	-8.16
05-01—10-17 经济产量	460.82	539.87	550.47	37 676.74	36 972.83	69.79	67.17	-20.69

3 讨论

3.1 华北旱地覆膜对春甘薯各生育时期地温的影响

地膜覆盖能有效增加地温,尤其在积温不足的地区与春季土壤升温缓慢的环境下,覆膜栽培具有显著促进作物生育与增产效果^[6-8]。本试验结果表明,自春甘薯栽秧到分枝结薯期,0~25 cm 土层覆膜增温效果明显。但是面向华北平原区的一熟春甘薯生产,只有在 5 月春甘薯发根育苗期温度低而不稳定,覆膜增温促长效果显著;进入 6 月,气温迅速升高,

由于较高的土体贮水与春甘薯生物量基础,覆膜处理的耗水量比裸地处理高 32.4%,其相应生产量增加 37.6%,WUE 较裸地处理增加 3.87%。与裸地处理的 WUE 相比,覆膜处理相当于多供 4.4 mm。与栽秧到栽后 35 d 相比,栽后 35~50 d 覆膜和裸地处理水分利用效率分别降低 63% 和 27%,说明该阶段产生奢侈耗水效应,这与该阶段降水少、耗水多、土壤水分含量低有关,该阶段应实施灌溉措施。

栽后 51~63 d 期间降水 78.92 mm,明显多于春甘薯田耗水量,覆膜处理 WUE 比裸地高 26.4%,土体呈储水状态,这与降水量增加、光照降低和叶面积指数增加有关。栽后 64~87 d 降水量少于田间耗水量,覆膜再现保水效果,覆膜处理耗水量比裸地处理低 15.9%,其间覆膜春甘薯生产量比裸地处理低 5.8%。

栽后 88~149 d,降水量增加,使各处理土体水分先后恢复,田间耗水量主要取决于大气蒸发量,使处理间耗水量差异很小。覆膜处理的田间渍水抑制土壤气体交换,加重春甘薯水涝胁迫,覆膜处理的春甘薯生产效率低于裸地处理,与裸地处理相比,其生产量、耗水量、WUE 分别降低 17.86%、5.8%、12.8%,相当于多耗水 69.9 mm,覆膜处理表现出严重的奢侈耗水效应,这与覆膜加重水涝胁迫而致生产量降低有关,因此应在雨季采取揭膜措施。

栽后 150 d 到收获,雨季过后土壤湿度和温度降低,有利于春甘薯生长,覆膜处理生长加快,其生物产量、耗水量比裸地处理高 3.9%、19.34 mm,WUE 降低 29.6%,显现严重的奢侈耗水效应。

春甘薯全生育期间(5 月 1 日至 10 月 17 日)降水量 460.8 mm,由于后期降水充足,处理间耗水量 437.9~446.7 mm,差异不明显。覆膜生物产量较裸地处理提高 0.11%,但经济产量降低 1.78%,WUE 降低 3.8%,相当于多耗水 20.69 mm。由于后期水涝,覆膜并未产生增产效应。

覆膜后 0~10 cm 土层达 40.5℃ 高温已经明显超过了春甘薯根系发育 30℃ 的适温阈值^[17],并且 6 月的稳定干旱期间^[18],膜内的高温增加了土壤水分的蒸发潜势,通过秧孔、破洞的水分喷发则会加重旱情,这可能是本试验栽后 33~53 d(6 月 3 日~6 月 23 日)覆膜处理土体快速失水的重要原因。因此,探索只保水不增温的覆盖方式对于华北平原区非积温限制下的春甘薯高产具有重要意义。唐继军等对土地膜覆盖方式的探索^[19-20],对于农田保水平温的生产实践具有参照作用。

3.2 华北旱地覆膜对春甘薯田不同时段耗水特性的影响

农田耗水由作物蒸腾和土壤蒸发两部分构成,与环境及作物生长状况等密切相关,同时具有时空特性^[21]。本研究覆膜处理与裸地处理间总耗水量和平均耗水强度差异不明显,然而春甘薯生育前期覆膜所储蓄的土壤水分确有延时供水效果^[7],但 13.6 mm 的蓄保水分在 6 月稳定干早期 5.7 mm/d 耗水强度下 2 d 即消耗殆尽,土面覆膜非但难以遏制春季的高额蒸散力,为后期增产奠定基础,相反还会加重土体干旱而对春甘薯生产造成负面影响^[22]。同时,雨季覆膜处理不仅会减少表土层水分蒸发量,降低土壤空气含量,还会阻碍土壤的气体交换^[23],不利于春甘薯生长^[24],从而造成薯蔓同长期生物产量低于裸地处理。

3.3 华北旱地覆膜对春甘薯水分利用效率的影响

干旱—半干旱地区农田生产效果的重要评价指标是 WUE^[25]。本试验结果表明,华北平原区春甘薯田自栽秧到栽后 35 d,在土壤 91.0% 田间持水量的背景下,覆膜春甘薯呈现了较裸地高出 32.4% 的 WUE,然而在栽后 36~50 d,2 个处理 WUE 出现了阶段性明显降低,分别降低 63%、27%,说明该生育期间出现奢侈耗水的现象^[7];这种奢侈耗水的现象同样出现在薯蔓同长期,覆膜处理奢侈耗水量高于裸地处理。奢侈耗水降低了 WUE,从而浪费了水资源^[26~27],其原因在于土壤贮水—作物耗水两者间的供求时序失衡^[25]。本试验中分枝结薯期间的奢侈耗水,与覆膜处理较高生物量产生的高额蒸腾耗水有关,同时与接近土壤萎蔫系数(11.0%)的较低土壤含水量(13.3%)有关^[7,25];薯蔓同长期奢侈耗水与土壤湿度大造成大量落叶有关,而收获期覆膜处理的奢侈耗水则与覆膜处理较高的地上茎叶生物量有关。因此,建立作物需水—土壤供水的全协调互依性调控机制,成为提高农田水分利用效率的关键^[25]。

4 结论

甘薯生育前期,华北平原区春甘薯覆膜处理土壤增温明显,覆膜处理 0~25 cm 土层较裸地处理平均增温 1.64~3.33℃,地积温增加 194.8℃,延长生育期 8.2 d,5 cm 地温最高达 40.5℃。覆膜处理自栽秧到栽后 35 d 的保水与增温效应明显促进了春甘薯生长,WUE 较裸地提高 104.3%。但在雨季来临前的干旱期,土壤快速蒸散而失水,供水土层深达 100 cm,进入雨季后的各处理土体先后复水,并产生过饱渗漏;覆膜不利于降水蒸发的同时降低了土壤气体交换,降低了春甘薯 WUE,从而减产 1.78%,WUE 降低 3.8%,相当于多耗水 20.69 mm。覆膜在汛期不利于春甘薯生长发育,造成减产,所以旱季采取灌溉措施,雨季应采取揭膜措施。

参考文献:

- [1] 马代夫. 世界甘薯生产现状和发展预测[J]. 世界农业,2001(1):17-19.
- [2] 曹振国,杨景祥,赵文海,等. 河北农村统计年鉴:2008[M]. 北京:中国统计出版社,2008.
- [3] 杨建堂,梅旭荣,严昌荣,等. 华北地区气候资源的空间分布特征[J]. 中国农业气象,2010,31(增1):1-5.

- [4] 胡亚南,李阔,许吟隆. 1951—2010 年华北平原农业气象灾害特征分析及粮食减产风险评估[J]. 中国农业气象,2013,34(2):197-203.
- [5] 马忠明,杜少平,薛亮. 不同覆膜方式对旱砂田土壤水热效应及西瓜生长的影响[J]. 生态学报,2011,31(5):1295-1302.
- [6] 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.
- [7] 杜雄,边秀举,张维宏,等. 华北农牧交错区饲用玉米覆膜和施氮的效应研究[J]. 中国农业科学,2007,40(6):1206-1213.
- [8] 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.
- [9] 王罕博,龚道枝,梅旭荣,等. 覆膜和露地旱作春玉米生长与蒸散动态比较[J]. 农业工程学报,2012,28(22):88-94.
- [10] 付文娥,刘明慧,王钊,等. 覆膜栽培对甘薯生长动态及产量的影响[J]. 西北农业学报,2013,22(7):107-113.
- [11] 侯晓杰,汪景宽,李世朋. 不同施肥处理与地膜覆盖对土壤微生物群落功能多样性的影响[J]. 生态学报,2007,27(2):655-661.
- [12] 宋秋华,李凤民,王俊,等. 覆膜对春小麦农田微生物数量和土壤养分的影响[J]. 生态学报,2002,22(12):2125-2132.
- [13] 张成娥,梁银丽,贺秀斌. 地膜覆盖玉米对土壤微生物量的影响[J]. 生态学报,2002,22(4):508-512.
- [14] 李世清,李凤民,宋秋华,等. 半干旱地区不同地膜覆盖时期对土壤氮素有效性的影响[J]. 生态学报,2001,21(9):1519-1526.
- [15] Allassir I A, Rubeiz I G, Khoury R Y. Response of fall greenhouse cos lettuce to clear mulch and nitrogen-fertilizer[J]. Journal of Plant Nutrition,1991,14(10):1017-1022.
- [16] Ruppel S, Mak S E. Effects of black plastic mulch on nitrogen balance in cultivation of pickles(*Cucumis sativas* L.)[J]. Gartenbauwissenschaft,1996,61(5):230-2371.
- [17] 史春余,王振林,余松烈. 甘薯光合产物的积累分配及其影响因素[J]. 山东农业大学学报:自然科学版,2001,32(1):90-94.
- [18] 张立峰,边秀举,樊秉戌. 聚水集肥,带松茬种少耕法的水分利用效应[J]. 干旱地区农业研究,1997,15(3):33-36.
- [19] 唐继军. 土下覆膜的作物生长与土壤生态效应研究[D]. 保定:河北农业大学,2011.
- [20] 周盛茂. 地膜覆盖方式对土壤物理和生物性状与作物生长的影响[D]. 保定:河北农业大学,2013.
- [21] 张婷,吴普特,赵西宁,等. 垄沟种植模式对玉米生长及产量的影响[J]. 干旱地区农业研究,2013,31(1):27-30,40.
- [22] 肖利贞. 土壤干旱对甘薯生育及产量的影响[J]. 华北农学报,1995,10(2):106-110.
- [23] 陈锡时,郭树凡,汪景宽,等. 地膜覆盖栽培对土壤微生物种群和生物活性的影响[J]. 应用生态学报,1998,9(4):435-439.
- [24] 史春余,王振林,余松烈. 土壤通气性对甘薯产量的影响及其生理机制[J]. 中国农业科学,2001,34(2):173-178.
- [25] 张立峰,边秀举,刘玉华. 冀北高原作物耗水特性与倒茬效应研究[J]. 中国农业科学,2001,34(1):56-60.
- [26] 张立峰,边秀举,赵广生,等. 栗钙土燕麦田水分平衡分析[J]. 河北农业大学学报,1996,19(1):17-21.
- [27] 李廷亮,谢英荷,任苗苗,等. 施肥和覆膜垄沟种植对旱地小麦产量及水氮利用的影响[J]. 生态学报,2011,31(1):212-220.