

生物降解膜覆膜节水对沙砾土壤含水量 及葡萄幼苗生长的影响

王青青^{1,2}, 于瑞德², 沙东³, 于翔², 陆亦农¹, 任伟⁴

(1. 新疆师范大学生命科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830054; 2. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 新疆 乌鲁木齐 830011;
3. 吐鲁番市林业局, 新疆 吐鲁番, 838000; 4. 新疆林业厅, 新疆 乌鲁木齐 830046)

摘要: 为了提高干旱半干旱地区水资源的利用率, 加快生物降解膜的应用, 以葡萄扦插苗为材料, 在吐鲁番市二堡乡设置覆膜区和无覆膜区, 其中覆膜区采用生物降解膜节水种植技术和 3 种不同膜(完全生物降解膜、半生物降解膜、普通膜)处理, 持续观测 90 d, 以无覆膜及覆膜区内普通膜为对照, 分析生物降解膜作用下沙砾土壤含水量及葡萄幼苗生长的变化。结果表明: 覆膜区比无覆膜区节水可达到 60%; 覆膜作用下可明显增加 10~40 cm 沙砾土层含水量, 保水性能均高于无覆膜对照; 覆膜区完全生物降解膜作用明显增加了葡萄幼苗的发芽数、叶片数、叶面积、新梢宽度生长量、新梢节数生长量; 半生物降解膜明显增加了幼苗的发芽数、叶片数、叶面积、新梢叶片数生长量, 但叶片多为展开的新叶, 叶面积较小; 普通膜明显增加了幼苗的发芽数、新梢节数生长量。覆膜对幼苗基径、新梢宽度、新梢长度、新梢节数及新梢叶片数、新梢长度生长量影响不显著。研究认为覆膜区完全生物降解膜不仅具有较好的保水性, 还能促进大部分幼苗生长指标, 综合效果最佳。

关键词: 生物降解膜; 节水; 葡萄; 土壤含水量; 生长指标

中图分类号: S152.7⁺5; S663.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2014)04-0102-05

Effects of biodegradable film mulch on water content of sandy soil and growth of grape seedlings

WANG Qing-qing^{1,2}, YU Rui-de², SHA Dong³, YU Xiang², LU Yi-nong¹, REN Wei⁴

(1. College of Life Science, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China;

2. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, CAS, Urumqi 830011, China;

3. Turpan Forestry Administration, Turpan 838000, China; 4. Xinjiang Forestry Administration, Urumqi 830046, China)

Abstract: Aimed at increasing the use efficiency of water resources in arid and semiarid areas, the effects of biodegradable film mulch on water content of sandy soil and growth of grape (*Vitis vinifera* L.) seedlings was investigated in Turpan, Xinjiang, China. There were 4 treatments in the experiment, namely completely biodegradable film mulch, partly biodegradable film mulch, ordinary film mulch and no mulch. The measurement was lasted for 90 days to compare soil water content and growth of grape seedlings among different treatments. The results showed that water could be saved by 60% in film mulch zone compared with no mulch zone. Film mulch could increase the water content of sandy soil in 10~40 cm depth remarkably, thus presenting a water retention effect. Compared with no mulch, the number of sprouts and leaves, the leaf area, and the diameter growth rate and node number of new shoots were increased under completely biodegradable film mulch; the number of sprouts and leaves, the leaf area and the growth rate of leaves on new shoots were increased under partly biodegradable film mulch; and the number of sprouts and the growth rate of nodes on new shoots were increased under ordinary film mulch. The effect of all mulch treatments on the basal diameter of seedlings and the diameter, length, node number, leaf number and length growth rate of new shoots were insignificant. It was concluded that completely biodegradable film could not only bring about an obvious effect on soil water conservation, but also increase most of the growth indicators, so its comprehensive effect was the best.

Keywords: biodegradable film; water-saving; grape; soil water content; growth indicator

收稿日期: 2013-10-06

基金项目: 中国科学院科研经费资助(Y372051); 新疆师范大学研究生科技创新项目(20131207); 新疆师范大学人文社会科学重点研究基地新疆城镇化发展研究中心资助(xjcsfz201203)

作者简介: 王青青(1988—), 女, 安徽萧县人, 在读硕士生, 主要从事植物生态学方面研究。E-mail: wangqingqing428@sina.cn。

通信作者: 于瑞德(1962—), 山东招远人, 男, 研究员, 主要从事干旱区环境演变方面研究。E-mail: yuruide@yahoo.com.cn。

农业及生态水资源紧缺已成为制约中国西北部干旱半干旱地区社会发展的重要因素,如何提高水资源的利用率,发展节水种植技术已倍受关注。本试验区位于吐鲁番,是我国严重资源性缺水的极端干旱区,年平均降水量仅为 16 mm,而年平均蒸发能力高达 3 000 mm,目前水资源开发利用程度已达本区占有水资源量的 130%,年超采地下水约 4 亿 m³,全区 70% 的绿洲都处于超采区^[1]。其中葡萄是吐鲁番地区特色支柱产业,“十一五”规划中葡萄灌溉面积约为 8 万公顷,但当地葡萄种植农户仍采用传统灌溉方式,造成水资源浪费、利用率低。

本研究在葡萄幼苗栽培中,利用生物降解节水种植技术,将生物降解膜的保水性与节水灌溉相结合。生物降解膜是在自然条件下,通过土壤微生物的生命活动而进行降解的一类膜^[2]。生物降解膜在农业上的应用主要以生物降解地膜为主,玉米试验中,研究表明生物降解地膜的保水性能均高于无覆膜对照,生物降解地膜处理玉米提前 10 d 成熟,能显著增加玉米的株高,叶面积指数较大,能加快玉米根系生长,对玉米生长发育增产起到促进作用^[3-5];以纤维素为基本原料的生物降解地膜与裸地栽培进行比较,结果表明植物纤维地膜起到土壤保温、保水和提高作物光合作用,有效地提高土壤 N、P、K 的积累,进而促进作物的生长,并有效地抑制杂草生长^[6-7]。生物降解膜地膜对玉米、棉花、土豆的增产效果均在 20%~30%,而且对葡萄的增产效果最明显(达 60%)^[8]。研究生物降解膜,可解决农业“白色污染”,并起到节水保水保肥的作用,提高水分利用率,缓解干旱半干旱地区缺水问题。而将生物降解膜覆盖在定植穴内并与节水灌溉结合,运用到吐鲁番地区葡萄栽培过程中的研究未见报道。

本研究采用自主研发的生物降解膜节水种植技术^[9]及专利生物降解膜,旨在回答以下几个问题:(1) 节水条件下,生物降解膜对膜内不同层次沙砾土壤含水量的影响;(2) 生物降解膜作用下对葡萄幼苗各项生长指标的影响。以揭示生物降解膜覆膜节水作用下,土壤含水量及幼苗的生长状况,为新技术、新产品的改进和规模推广应用提供参考,同时提高水资源的利用率,为吐鲁番地区林果业的发展及节水型农业建设提供科技支撑。

1 研究区概况

试验区位于新疆吐鲁番地区吐鲁番市二堡乡(N42°59'77";E89°12'16"),该区域日温差和年均温差较大,年平均气温为 13.9℃,夏季极端最高气温为

49.6℃,地表温度多在 70℃以上,其中 100 d 以上为高于 35℃ 的炎热日;冬季极端最低气温 - 28.7℃。全地区年日照时数为 3 000~3 200 h,太阳年辐射量 583.67~629.27 kJ·cm⁻²。该区日照时间长,白天增温迅速,盆地过低热空气不易散失,形成了北纬 42°线上世界唯一的极热地区。试验区为戈壁改良的沙砾土,地势较平坦。

表 1 试验区基本情况	
Table 1 General characteristics of the test field	
项 目 Items	基本情况 General characteristics
土壤类型 Soil type	沙砾土 Sandy soil
土壤 pH 值 Soil pH value	7.13
土壤速效磷 Soil available phosphate/(mg·kg ⁻¹)	5.47
土壤速效钾 Soil available potassium/(mg·kg ⁻¹)	26.07
土壤铵态氮 Ammonium nitrogen/(mg·kg ⁻¹)	1.96
土壤有机质含量 Soil organic matter/(g·kg ⁻¹)	5.00

2 材料与方法

2.1 材料

供试品种为无核白葡萄扦插幼苗。该品种为中晚熟、树势强、结实率高的鲜食品种,制干品质优良,也可酿酒。供试膜采用完全生物降解膜(A)、半生物降解膜(B)和普通膜(C),均由新疆德华生态科技有限公司提供。完全生物降解膜^[10]主要由 90% 淀粉及助剂组成;半生物降解膜由 50% 的淀粉,50% 的聚乙烯及助剂组成;普通膜为聚乙烯制成。底肥为尿素、硫酸钾、过磷酸钙。

2.2 试验方案

本试验分为两个试验区,各 5 000 m²,为覆膜区和无覆膜区,两试验区相距 10 m。2013 年 3 月对两试验区的戈壁进行改良,改良后的沙砾土立即采用大水漫灌治理盐碱^[11]。在试验区内挖上口宽 100 cm,深度为 80 cm 的定植沟,葡萄行距 4 m,株距为 1.5 m,在定植沟内挖深为 40 cm、宽为 30 cm 的定植穴。每沟为一试验小区,长 35 m,宽 1 m,每沟前端等位处有灌水口。于 2013 年 4 月 15 日进行定植,覆膜区内,采用生物降解膜节水种植技术和 3 种不同膜(均为 350 mm×400 mm 袋子规格),将生物降解膜的保水性与节水灌溉相结合,每沟为一处理,各 5 次重复,随机排列。在定植穴内分别覆盖完全生物降解膜、半生物降解膜、普通膜。将葡萄幼苗放入膜内,装土至距地面 10 cm 处,袋口膜内折,微微向下压,将等量的厩肥和磷、钾肥与表土混合,最后覆土。

两试验区灌溉周期相同,灌溉时间不同,同试验区灌溉时间务必相同。对定植后 90 天内土壤的含水量及葡萄幼苗进行相关测量。

2.3 测量方法

覆膜区每处理及无覆膜区各选择 2 个幼苗长势较好的小区,在选择小区内等距离各选择 10 株幼苗,从东、南、西、北四个方向选择幼苗健壮的新梢进行标记。测量幼苗的基径、萌芽数、叶片数;新梢长度、新梢节数、新梢第二节宽度、新梢叶片数、新梢顶端叶片中脉长度,利用叶面积和叶脉长的指数函数 $Y = 1.183 X^{0.456} (R = 0.986)^{[12]}$ 计算叶面积,每月测一次,以上指标均取平均值。在所选各小区内等距幼苗处选取 5 个测量点(距幼苗 20 cm 范围内),用土壤水分速测仪测量土壤 0 ~ 10 cm、10 ~ 20 cm、20 ~ 30 cm、30 ~ 40 cm 土层的含水量,每次灌溉后第五天进行测量,取平均值。记录试验区灌溉次数、灌溉时间,得出两试验区的灌溉量。

2.4 数据处理

采用 SPSS13.0 进行统计分析,不同处理之间采用单因素方差分析(One - way ANOVA)进行显著性差异检测($P < 0.05$),并用 Excel 作图。

3 结果与分析

3.1 不同处理下灌溉量

由表 2 可知,在灌溉次数相同的条件下,控制两试验区灌溉时间的变化,确保同试验区灌溉时间相同。在 90 天内,覆膜区每次灌溉量为 3 030 m³,总灌

溉量为 27 270 m³,无覆膜区每次灌溉量为 7 500 m³,总灌溉量为 67 500 m³。勘察期内,覆膜区灌溉总量明显小于无覆膜区灌溉总量,与无覆膜区灌溉总量相比节约 40 230 m³ 的水资源,覆膜区节水约 60%。

表 2 试验区灌水量			
Table 2 Irrigation amount of the test field			
试验区 Test zone	灌水次数/次 Irrigation frequency/times	每次灌水量/m ³ Irrigation amount each time	灌水总量/m ³ Total irrigation amount
无覆膜 No film zone	9	7500	67500
覆膜 Film mulch zone	9	3030	27270

3.2 不同处理下土壤含水量

从图 1 可以看出,生物降解膜节水种植技术,在节水灌溉 60% 的前提下,具有很好的保墒、保水效果。随着沙砾土层深度的增加土壤含水量增加,覆膜作用下,各层土壤含水量均高于无覆膜对照。近地面土壤含水量较小,主要受地上气候的影响,不同处理间无明显差异($P > 0.05$)。覆膜区内,土壤 10 ~ 40 cm 土层含水量明显提高,平均含水量约 22.69%。与无覆膜相比,完全生物降解膜、半生物降解膜、普通膜作用下,在 10 ~ 40 cm 内不同层次平均土壤含水量分别提高 3.17% ~ 3.54%、3.81% ~ 5.29%、4.2% ~ 5.37% ($P < 0.05$)。覆膜作用下,具有很好的保水效果,其中各覆膜之间无显著差异($P > 0.05$)。

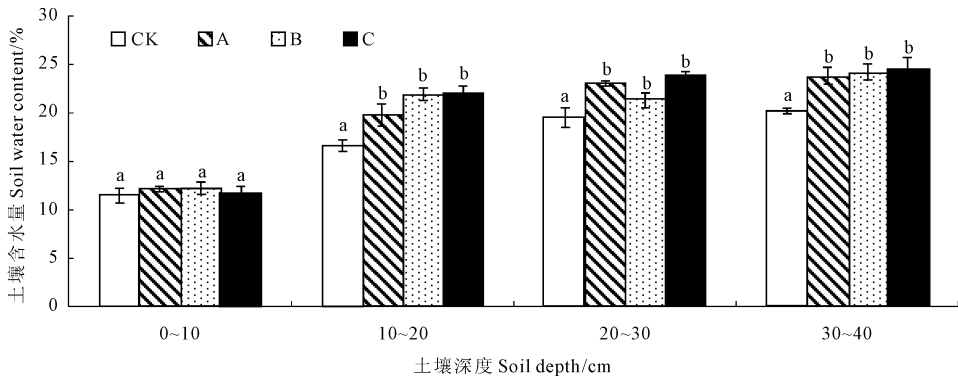


图 1 不同处理对土壤含水量的影响(平均值 ± 标准误)

Fig.1 Soil water content under different treatments (mean ± SE)

注:不同字母表示差异显著($P < 0.05$),下同。

Note: Different letters mean significant difference at 0.05 probability level. The same below.

3.3 不同覆膜处理下葡萄幼苗的生长

3.3.1 基径和发芽数 覆膜对葡萄幼苗的基径与无覆膜区幼苗基径相比,基径大小接近,没有明显变化(图 2)。由图 3 可见,在不同覆膜的作用下,能有效

提高 10 ~ 40 cm 的土壤含水量。葡萄幼苗的发芽数与无覆膜相比,完全生物降解膜、半生物降解膜、普通膜分别增加了 150%、187%、177% ($P < 0.05$),不同覆膜处理下葡萄幼苗发芽数之间差异不显著($P > 0.05$)。

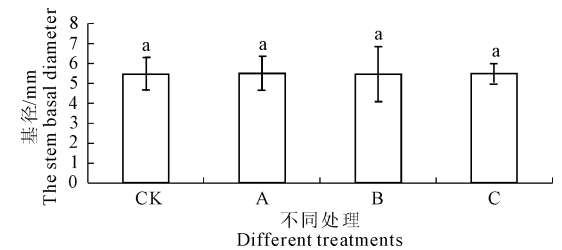


图 2 不同覆膜处理对葡萄幼苗基径的影响(平均值 ± 标准误)

Fig.2 Effect of film mulch treatments on the stem basal diameter of grape seedlings (mean ± SE)

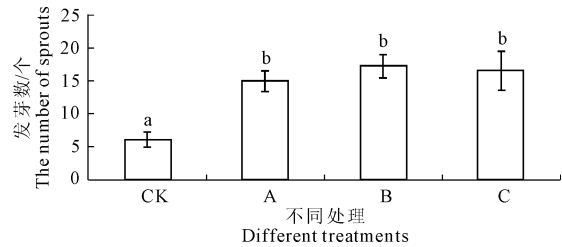


图 3 不同覆膜处理对葡萄幼苗发芽数的影响(平均值 ± 标准误)

Fig.3 Effect of film mulch treatments on the number of sprouts of grape seedlings (mean ± SE)

3.3.2 叶面积及叶片数 覆膜节水作用下,完全生物降解膜不仅具有普通膜保水、保墒效果,同时可以增加土壤中有机的含量,促进植物对速效磷和速效钾的吸收速率。表 3 可以看出,与无覆膜处理相比,覆膜作用下,葡萄幼苗的叶面积有所增加,但增加的幅度较小。完全生物降解膜、半生物降解膜处理下,幼苗叶面积与普通膜、无覆膜处理下相比分别增加了 14%、23% 和 11%、21% ($P < 0.05$)。普通膜

与无覆膜处理间葡萄幼苗叶面积差异不显著 ($P > 0.05$)。

覆膜作用下完全生物降解膜、半生物降解膜作用下幼苗的叶片数均大幅度增加,比无覆膜作用下幼苗的叶片数分别增加了 83%、73% ($P < 0.05$),两种生物降解膜作用下幼苗叶片数之间无显著差异 ($P > 0.05$)。普通膜作用下对叶片数无明显影响。

3.3.3 新梢生长 由表 4 可以看出,覆膜处理下葡萄幼苗新梢宽度、新梢长度、新梢节数及新梢叶数均有所增加,但与无覆膜相比无显著差异 ($P > 0.05$)。

从表 5 可以看出,覆膜处理葡萄幼苗各项新梢生长量的指标均大于无覆膜区。完全生物降解膜作用下新梢宽度生长量显著高于无覆膜、半生物降解膜及普通膜,分别增加了 133%、78%、113% ($P < 0.05$)。覆膜节水处理对葡萄幼苗新梢长度生长量无显著影响 ($P > 0.05$)。半生物降解膜对葡萄幼苗新梢节数生长量的影响不明显 ($P > 0.05$),但完全生物降解膜和普通膜作用下新梢节数生长量较快,较无覆膜处理下增加了 178%、122% ($P < 0.05$),完全生物降解膜和普通膜作用下新梢节数生长量无明显差异 ($P > 0.05$)。与无覆膜、完全生物降解膜相比,半生物降解膜作用下葡萄幼苗新梢叶片数分别增加了 110%、98% ($P < 0.05$),完全生物降解膜作用下葡萄幼苗新梢叶片数生长量的影响不显著 ($P > 0.05$)。

表 3 不同覆膜处理对葡萄幼苗叶面积及叶片数的影响

Table 3 Effect of film mulch treatments on leaf number and leaf area of grape seedlings

处理 Treatments	CK	A	B	C
叶面积 Leaf area/cm ²	3.14 ± 0.22a	3.87 ± 0.78b	3.79 ± 0.97b	3.4 ± 0.13a
比无覆膜增加 Increase/cm ²	—	0.73	0.65	0.26
叶片数/片 Leaf number	76.2 ± 18.02a	139.8 ± 12.64bc	131.8 ± 12.37bc	120. ± 19.47ac
比无覆膜增加/片 Increase	—	63.6	55.6	44.4

注:同行不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$);数值为平均值 ± 标准差。下同。
Note: Different letters mean significant difference at 0.05 probability level. Values are means ± SE. The same below.

表 4 不同覆膜处理对葡萄幼苗新梢生长的影响

Table 4 Effect of film mulch treatments on growth of new shoots of grape seedlings

处理 Treatments	新梢宽度/mm Diameter of new shoots	新梢长度/cm Length of new shoots	新梢节数/节 Node number of new shoots	新梢叶片数/片 Leaf number of new shoots
CK	3.46 ± 0.32a	9.96 ± 0.88a	8.6 ± 0.87a	24.6 ± 4.73a
A	4.08 ± 0.43a	12.56 ± 1.78a	10.8 ± 1.39a	26.6 ± 4.26a
B	3.62 ± 0.33a	11.82 ± 2.92a	9.2 ± 0.8a	33.0 ± 3.66a
C	3.51 ± 0.72a	10.70 ± 2.25a	10.4 ± 1.2a	25.4 ± 4.65a

表 5 不同覆膜处理对葡萄幼苗新梢生长量的影响

Table 5 Effect of film mulch treatments on growth of new shoots of grape seedlings

处理 Treatments	宽度生长量/mm Diameter growth	长度生长量/cm Length growth	节数生长量/节 Growth of node number	叶片数生长量/片 Growth of leaf number
CK	0.51 ± 0.1a	1.36 ± 0.53a	1.8 ± 0.58a	10.4 ± 4.31a
A	1.19 ± 0.29b	2.60 ± 0.88a	5.0 ± 0.84b	11.0 ± 2.47a
B	0.67 ± 0.10a	2.38 ± 0.60a	3.4 ± 0.51ab	21.8 ± 1.83b
C	0.56 ± 0.11a	1.86 ± 1.1a	4.0 ± 0.55b	17.4 ± 4.74ab

4 讨论与结论

4.1 覆膜节水对土壤含水量的影响

水分是土壤的重要组成部分,它不仅影响土壤的物理性质,制约着土壤中养分的溶解、转移和微生物的活动,而且是作物需水的直接来源,是一切作(植)物赖以生存的基本条件^[13]。本研究试验地位于强高温、蒸发量大而降雨少的吐鲁番地区,当地葡萄种植仍采用传统沟灌的种植模式,灌溉制度单一,加上农民节水意识不强,造成水资源不必要的浪费,利用率低。若提高地温又要蓄水保墒,地膜应直接铺设在地面,如果以蓄水保墒为主则适宜把地膜铺设在地表土下面,这样可以延长地膜的使用寿命^[14]。本试验覆膜区将膜铺设在定植穴内,并与节水灌溉结合,结果证明在节水 60% 的前提下,覆膜处理比无覆膜处理具有较好的蓄水保墒效果,其中完全生物降解膜、半生物降解膜的保水效果与普通膜相同。生物降解膜节水种植技术适用于沙砾土壤环境的种植,通过防止土壤漏水、渗水,来提高水资源的利用率,维持吐鲁番地区节水农业建设,生物降解膜节水种植技术具有很好的应用前景。

4.2 不同覆膜对葡萄幼苗生长的影响

基径、萌芽数是衡量葡萄生长能力的重要指标。本研究测量时期的扦插幼苗首先将吸收的水分及营养物质用于芽的萌发,进一步实现新叶的形成和生长,以便有更多的叶片来进行光合作用制造有机物质,进而可以维持幼苗正常的生长过程。因此覆膜的作用下,具有很好的保水效果,可明显增加幼苗的萌芽数,但对葡萄幼苗基径的生长无明显影响。

叶是植物进行光合作用的主要器官,叶面积大小直接影响光合作用、蒸腾效率以及干物质量^[15];叶片数量的多少同样影响植物光合作用。葡萄新梢是指当年生带叶的枝条,其主要作用是使植株更好地利用光照和空气,同时也可以输送水分和养分,并且还可以贮藏养分,是反应葡萄生长状况的重要指标之一^[16]。本试验完全生物降解膜、半降解膜使用

后可增加土壤有机质的含量,能有效地提高葡萄幼苗的萌芽数、叶片数。但土壤中有机质的含量不同、生物膜的降解速度不同,导致生物降解膜对幼苗生长指标的影响也不同。完全生物降解膜增加了幼苗叶面积、新梢宽度生长量、新梢节数生长量等多项生长指标。半生物降解膜作用下虽增加了幼苗的新梢叶片数,但统计过程中发现覆膜小区幼苗的叶面积较小,许多是才展开的新叶,叶片生长的较缓慢。由此可知,完全生物降解膜使用后在保水的前提下,能有效地增加土壤有机质的含量,起到促进幼苗生长的作用。蒋端生研究认为土壤有机质与粘粒含量呈正相关^[17],土壤的粘粒含量越高,土壤的肥力则越强^[18],土壤中微生物数量随着土壤肥力的增大而增大。因此造成这样差异可能原因在于土壤中有有机质含量及土壤微生物数量及种类有区别,之后应做进一步研究分析。

4.3 结 论

综上所述,覆膜具有良好的节水、保水效果,各膜处理之间土壤含水量差异不显著。完全生物降解膜可显著提高葡萄幼苗萌芽数、叶片面积、叶片数以及新梢宽度生长量、新梢节数生长量。半生物降解膜提高幼苗萌芽数、叶片面积、叶片数、新梢叶片数效果明显。完全生物降解膜彻底解决“白色污染”,综合效果最佳,可推广应用。

参 考 文 献:

[1] 曾 辰.极端干旱区成龄葡萄生长特征与水分高效利用[D].北京:中国科学院研究生院,2010.
[2] 赵 燕,李淑芬,吴杏红,等.我国可降解地膜的应用现状及发展趋势[J].现代农业科技,2010,(23):105-107.
[3] 杨玉姣,黄占斌,闫玉敏,等.可降解地膜覆盖对土壤水温和玉米成苗的影响[J].农业环境科学学报,2010,(S1):10-14.
[4] 乔海军,黄高宝,冯福学,等.生物全降解地膜的降解过程及其对玉米生长的影响[J].甘肃农业大学学报,2008,(5):71-75.
[5] 刘 群.生物降解地膜降解过程及其对玉米生长发育和产量的影响研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2012.
[6] 傅玉全.纸基地膜覆盖栽培试验[J].纸和造纸,2000,(1):45.

干旱发生频繁,强度也在提高,灌区呈现出旱化的趋势。

在泾惠渠灌区的干旱分析中,*SPI* 与降水距平百分率和降水 *Z* 指数的比较中显示了较好的适用性,对于灌区干旱演变特征的分析结果与刘招等^[16]采用 Palmer 旱度模式分析灌区干旱情况时得到的结论基本一致。因此,*SPI* 对于灌区正确认识干旱,采取合理措施抗旱具有理论指导作用。*SPI* 计算仅需降水资料,计算简单,算法稳定性好^[17],可以结合多时间尺度进行干旱分析,优点鲜明。但也有研究指出 *SPI* 在定义降水量极小的较小时间尺度的干旱时具有局限性^[18]。此外,干旱的影响因素涵盖了温度、蒸发、土壤水分亏缺、地下水供给等多个方面,虽然降水在这些因素中作用突出,但是这些因素是相互影响而不是各自独立的^[19]。因此,使用 *SPI* 仅从降水这一角度来分析灌区干旱还是具有一定局限性的。如何将多种因素科学地结合在干旱指标中,建立起统一规范的评价系统是未来准确评价干旱的关键。

参 考 文 献:

[1] 王春乙.中国重大农业气象灾害研究[M].北京:气象出版社,2010.

[2] 李伟光,易 雪,侯美亨,等.基于标准化降水蒸散指数的中国干旱趋势研究[J].中国生态农业学报,2012,20(5):643-649.

[3] 章大全,张 璐,杨 杰,等.近 50 年中国降水及温度变化在干旱形成中的影响[J].物理学报,2010,59(1):655-663.

[4] 王密侠,马成军,蔡焕杰.农业干旱指标研究与进展[J].干旱地

区农业研究,1998,16(3):119-124.

[5] Quiring S M, Papakryiakou T N. An evaluation of agricultural drought indices for the Canadian prairies[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2003,113:49-62.

[6] 付丽娟,曹 杰,德勒格日玛.三种气象干旱指标在内蒙古地区的适用性分析[J].干旱区资源与环境,2013,27(2):108-113.

[7] 袁 云,李栋梁,安 迪.基于标准化降水指数的中国冬季干旱分区及气候特征[J].中国沙漠,2010,30(4):917-925.

[8] 王 宏,余锦华,李宗涛,等.基于 *Z* 指数的河北省旱涝多尺度变化特征[J].气象与环境学报,2012,28(1):43-47.

[9] 赵 丽,冯宝平,张书花.国内外干旱及干旱指标研究进展[J].江苏农业科学,2012,40(8):345-348.

[10] 郭兆夏,李星敏,朱 琳,等.基于 GIS 的陕西省年降水量空间分布特征分析[J].中国农业气象,2010,31(增 1):121-123.

[11] 黄晚华,杨晓光,李茂松,等.基于标准化降水指数的中国南方季节性干旱近 58a 演变特征[J].农业工程学报,2010,26(7):50-59.

[12] 国家气候中心.GB/T20481-2006.气象干旱等级[S].北京:中国标准出版社,2006.

[13] 张书余.干旱气象学[M].北京:气象出版社,2008:76-77.

[14] 温克刚,翟佑安.中国气象灾害大典:陕西卷[M].北京:气象出版社,2005:28-41.

[15] 中央气象局气象科学研究院.中国近五百年旱涝分布图集[M].北京:地图出版社,1981:247-320.

[16] 刘 招,燕爱玲,乔长录.Palmer 旱度模式在渭北旱塬泾惠渠灌区的应用研究[J].干旱地区农业研究,2010,28(3):259-264.

[17] 袁文平,周广胜.标准化降水指标与 *Z* 指数在我国应用的对比分析[J].植物生态学报,2004,28(4):523-529.

[18] 翟禄新,冯 起.基于 *SPI* 的西北地区气候干湿变化[J].自然资源学报,2011,26(5):847-857.

[19] Hi-Ryong Byun, Wilhite D A. Objective quantification of drought severity and duration[J]. Journal of Climate, 1999,12:2747-2756.

(上接第 106 页)

[7] 王朝云,许香春,易永健,等.麻地膜覆盖对作物生长发育和产量影响的研究[J].中国麻业科学,2009,(3):191-197.

[8] 赵 燕,李淑芬,吴杏红,等.我国可降解地膜的应用现状及发展趋势[J].现代农业科技,2010,(23):105-107.

[9] 于瑞德.造林生物降解膜节水种植方法:中国,CN101554129[P].2009-10-14.

[10] 于瑞德.一种生物降解地膜:中国,CN102475046A[P].2012-05-30.

[11] 沈新民.吐鲁番无核白葡萄常规栽培[J].中国林业,2008,(18):60-60.

[12] 白云岗,董新光,张江辉,等.无核白葡萄叶面积及一年生枝条干物质质量简易测定方法研究[J].新疆农业科学,2010,09:1744-1748.

[13] 张建兵,熊黑钢,李宝富,等.干旱区农田土壤水分地温变化规律及其相互关系[J].干旱地区农业研究,2013,02:127-133.

[14] 周永浩,李向福.可降解地膜覆盖抗旱造林在生态建设中的作用[J].中国西部科技,2009,7(36):63.

[15] 张永明.可降解地膜覆盖玉米试验[J].甘肃农业,2006,(01):207.

[16] 何建斌,王振华,何新林,等.极端干旱区不同灌水量对滴灌葡萄生长及产量的影响[J].农学学报,2013,2:65-69.

[17] 蒋端生.南岳森林土壤的研究.Ⅰ.基本特点和土壤紧实度[J].湖南林专学报,1995,01:44-50.

[18] 赵 超.不同海拔毛竹林土壤特征及肥力评价的研究[D].北京:北京林业大学,2011.