

不同保水措施对南方季节性干旱区春玉米的影响

汤文光¹, 唐海明¹, 肖小平¹, 杨光立¹, 李茂松²

(1. 湖南省土壤肥料研究所, 长沙 410125; 2. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081)

摘要:为缓解日益严重的南方季节性干旱危害,选取目前生产上相对实用的干旱防控技术措施,通过对春玉米干旱胁迫试验,模拟季节性干旱的发生,研究探讨了南方季节性干旱区域地膜覆盖(FM)、稻草覆盖(SM)、保水剂(SAP)和对照(无处理,CK)对春玉米保水抗旱及产量的影响。结果表明,与CK相比,FM、SM、SAP同期土壤含水量最大分别增加了28.1%、13.55%和11.37%,叶绿素含量分别提高了26.1%、12.8%和10.2%,植株地上部全氮(N)、全钾(K)含量均显著高于CK,产量显著增加了33.80%、25.87%和13.59%。FM还显著提高了土壤温度,加快了玉米的生育进程,生育期缩短了6 d。上述结果说明,地膜覆盖能使玉米提早成熟,有利于避旱减灾,同时3种保水措施均能通过保蓄土壤水分,缓解季节性干旱危害,实现玉米增产增收。

关键词:季节性干旱;春玉米;地膜覆盖;稻草覆盖;保水剂

doi:10.3969/j.issn.1008-0864.2011.03.17

中图分类号:S318,S513 文献标识码:A 文章编号:1008-0864(2011)03-0102-06

Effects of Different Water-retaining Measures on Spring Maize in South Seasonal Drought Region

TANG Wen-guang¹, TANG Hai-ming¹, XIAO Xiao-ping¹, YANG Guang-li¹, LI Mao-song²

(1. Hunan Soil and Fertilizer Institute, Changsha 410125;

2. Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: In order to alleviate the increasing serious drought harm in south seasonal drought region, the effects of film mulching (FM), straw mulching (SM), super absorbent polymers (SAP) and without any treatment (CK) on yield and mechanism of water-saving, drought-resistant spring maize by simulating the occurrence of seasonal drought in this paper. The results showed that compared with the CK, the soil moisture was increased 28.10%, 13.55% and 11.37% when using FM, SM and SAP, respectively. Meanwhile the chlorophyll contents of corn leaves were increased 26.10%, 12.80%, 10.20%, respectively. The accumulation of plant nutrients, such as the total nitrogen and potassium, were significantly higher under FM, SM and SAP conditions than the control. The yields of spring maize were increased by 33.80%, 25.87% and 13.59%, respectively. As a result, the soil temperature was increased and the whole growing period of spring maize was shortened with 6d by using FM. The above results indicated that the spring maize was of early maturity, thus could avoid drought harm by using FM. At the same time, the increased soil moisture could relieve the hazard of seasonal drought, so the yield of spring maize was promoted by FM, SM and SAP.

Key words: seasonal drought; spring maize; film mulching; straw mulching; super absorbent polymer

南方地区包括长江中下游六省一市,南部沿海和西南四省、市大部分地区,是我国经济较发达地区,在我国经济中占有重要地位,其耕地面积5 182万 hm²,人口7.49亿,用占全国42.6%的耕

地养育了占全国56.7%的人口^[1]。该区域虽气候湿润、水热资源丰富,但降水季节分布不均,干旱受灾约占全国40%^[2],其中分布最广、威胁最大的是伏秋干旱和伏秋连旱^[3,4]。特别是进入21

收稿日期:2011-03-07;接受日期:2011-04-14

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD04B07-2);湖南省农业科学院科技创新项目(2009hnmkycx30)资助。

作者简介:汤文光,副研究员,硕士,主要从事耕作生态学、农作制和节水减灾等方面研究。E-mail:tangwenguang@sina.com。通讯作者:李茂松,研究员,主要从事农业减灾及农业灾害致灾机理研究工作。E-mail:limaos818@sina.com

世纪,我国南方季节性干旱呈频繁发生态势,使该区域占总面积近 50% 的丘陵旱地农业生产潜力难以正常发挥^[5~7]。

玉米是南方地区第三大粮食作物,种植面积 62.74 万 hm^2 ,占到粮食作物总面积的 13.2%,其中春玉米中后期受季节性干旱的影响较为突出^[1,4]。玉米生长耗水量大,且玉米不同生育阶段对水分的要求也不相同,前期需水较少,拔节期至灌浆期需水最多,占总需水量的 50% 以上。以湖南为例,雨量多集中在雨季的 3 个月时间内,一般占全年的 40%~50%。7~9 月是作物需水高峰期,降雨却稀少,一般只占全年总雨量的 20% 左右,降雨量的时空分布不均与农作物集中需水期形成了极大的反差,导致春玉米抽雄至成熟期易受伏旱威胁。一般干旱年份可导致玉米减产达 10%~30%^[8]。

由于我国南方丘陵旱地多、地形地貌复杂,许多保水抗旱的农艺措施如深耕、滴灌等因操作困难而难以在农业生产中发挥优势作用。目前,南方地区使用较多的保水措施主要为地膜和秸秆覆盖。地膜具有透光率高、保水性强和质轻耐久等特性,能起到显著的增温保水和增产早熟作用^[9];秸秆覆盖具有调节土壤温度和水分的作用^[10,11];保水剂作为一种高分子吸水材料,含有大量强吸水基因,吸水速度快,保水蓄水能力强,释水性能好,供水时期长,在作物生产中能起到抗旱减灾、增产增收作用^[12~14]。过去对于干旱研究多集中在北方地区^[15~19],而对南方季节性干旱问题研究较少。本文针对南方丘陵旱地特点及季节性干旱发生规律,选择地膜覆盖、稻草覆盖和保水剂 3 种相对实用且简单易行的保水措施,从土壤温度、水分及植株生长特性等方面比较其对春玉米中后期的影响,对实现南方季节性干旱地区春玉米高产、稳产具有重要的意义。

1 材料与方 法

1.1 试验设计

试验于 2009 年在湖南省土壤肥料研究所试验基地进行。供试玉米品种为临奥 1 号。土壤为第四纪红色粘土发育的红壤,pH 6.5,有机质含量 5.32 g/kg,速效氮含量 134.23 mg/kg,有效磷含量 6.28 mg/kg,速效钾含量 62.54 mg/kg。

试验设地膜覆盖(FM)、稻草覆盖(SM)、施用保水剂(SAP)和对照(无措施,CK)4 个处理。采用随机区组设计,3 次重复,小区为面积 2 m×2 m 的水泥池,土层深 1.5 m。播种后覆盖地膜和稻草,地膜规格为幅宽 60 cm、厚度 0.007~0.008 mm,稻草用量为 7 500 kg/ hm^2 ,保水剂采用日本株式会社触媒公司生产的“绿立普 Acryhopensi-415”保水剂,于播种前按 45 kg/ hm^2 集中施于穴底部。3 月 30 日播种,每小区 20 穴,每穴播 3 粒,种子与保水剂之间用一层薄土隔开,出苗后定苗 1 株以确保全苗。玉米生长前期各处理均依靠自然降雨,6 月 1 日开始采用塑料雨棚遮雨,模拟南方季节性干旱(伏旱)的发生规律,进行干旱胁迫处理,直至玉米成熟收获。遮雨棚高 3 m,呈“人”字型,棚顶用透光塑料薄膜覆盖,棚侧通风(棚内光照、空气温度及湿度条件与外界无明显差别)。大田基肥为硫酸钾复合肥(N:P₂O₅:K₂O=15:10:15),施肥量 750 kg/ hm^2 ,追肥于 4 月 25 日、5 月 30 日分别追施尿素 75 kg/ hm^2 、150 kg/ hm^2 。其他栽培管理措施与大田生产一致。

1.2 测定项目和方法

1.2.1 春玉米生长动态及生育期 从玉米苗期(4 月 28 日)至抽穗期,每隔 8 d 调查一次各处理植株的株高和叶龄,每小区定点调查 5 株,取平均值。同时,分别记载各处理的出苗期、拔节期、抽雄期和成熟期的日期。

1.2.2 土壤含水量的测定 从玉米拔节前(5 月 14 日)至成熟期,每隔 8 d 采用电热恒温干燥箱烘干法取样测定一次土壤含水量。取样时,选择距离玉米植株 10 cm 的 3 个不同点 0~10 cm 土层进行测定,计算其平均值。

1.2.3 土壤温度的测定 采用 DF-201 型多功能数字温度计,从苗期至成熟期,选取不同生育阶段的晴朗天气在 10:30~11:00 测定各处理 10 cm 土层处的温度,每小区取 3 个点测定,计算其平均值。

1.2.4 玉米叶片叶绿素含量测定 每小区标记 10 株,从玉米拔节前(5 月 14 日)至成熟期,每隔 8 d 用 SPAD-502 型叶绿素测定仪测定植株主茎倒 3 叶上部、中部和下部 3 个点的 SPAD 值,计算其平均值。

1.2.5 玉米植株养分含量测定 于成熟期每小

区取3株植株地上部茎叶,放入电热恒温干燥箱中105℃杀青0.5h,再75℃烘干至恒重,分别称重,粉碎后测定养分。氮素含量测定采用扩散法^[20];磷素含量测定采用钼锑抗比色法^[21];钾素含量测定采用火焰光度法^[21]。

1.2.6 玉米产量构成因素 收获时,测定玉米的穗位高;收获后,测定果穗的秃顶长、穗行数、行粒数、穗粒数和籽粒干重等指标。每小区随机选10株玉米植株进行调查,计算其平均值;同时,测定各小区的产量。

1.3 数据处理

用Excel进行试验数据处理,用DPS统计软件进行试验数据的方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同保水措施对生育期的影响

不同保水措施对春玉米发育有一定的影响(表1)。地膜覆盖(FM)处理植株各生育时期均早于对照(CK),其中拔节期提早了15d,抽雄期

提早了11d,全生育期为101d,比对照缩短了6d,说明地膜覆盖显著加快了玉米的生育进程。而稻草覆盖(SM)和保水剂(SAP)处理植株的生育期分别比CK增加了3d和2d,但并未表现出显著性差异,说明稻草覆盖和保水剂处理没有影响玉米的正常生育期。

春玉米生长期间株高和叶龄的动态变化如图1中所示。不同保水措施玉米植株生长势差异较大。同一观测期,FM处理植株株高比CK增加了8.9~40.1cm,叶龄比CK增加1.84~4.81片,其差异达显著水平($P < 0.05$)说明地膜覆盖能明显促进玉米的生长。SM和SAP处理植株的株高、叶龄在同一观测期低于对照,但差异不显著。

2.2 不同保水措施对土壤温度的影响

不同保水措施对春玉米田间土壤温度有不同影响(图2)。FM处理显著提高了土壤温度,且玉米生长前期的土壤增温作用大于生长后期,苗期、拔节期、抽雄期和成熟期10cm土壤温度比对照分别提高了6.7℃、5.64℃、2.3℃和2.97℃;SM

表1 不同保水措施对春玉米生育期的影响

Table 1 Effects of different water-retaining measures on growth period of spring maize.

处理 Treatments	播种期(月-日) Sowing date (m-d)	出苗期(月-日) Seedling stage (m-d)	拔节期(月-日) Shooting stage(m-d)	抽雄期(月-日) Tasselling stage(m-d)	成熟期(月-日) Maturity stage(m-d)	生育期(d) Growth period(d)
FM	3-30	4-9	5-16	6-6	7-9	101b
SM	3-30	4-10	6-1	6-18	7-18	110a
SAP	3-30	4-13	5-31	6-16	7-17	109a
CK	3-30	4-13	5-31	6-15	7-15	107a

注:同列不同小写字母分别表示差异达显著水平($P < 0.05$)。

Note: Different lowercase letters in the same column mean significant difference at $P < 0.05$ levels.

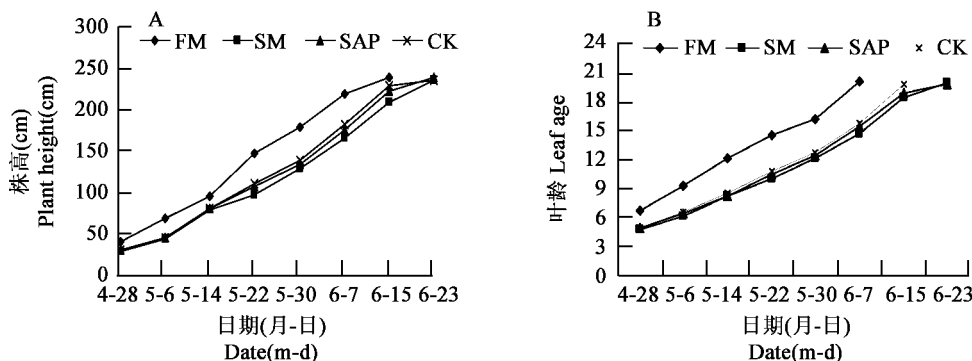


图1 不同保水措施春玉米植株株高(A)及叶龄(B)动态变化

Fig.1 Effects of different water-retaining measures on plant height(A) and leaf age(B) of spring maize.

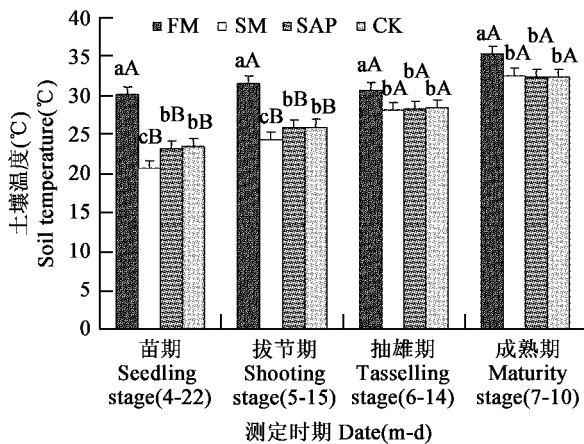


图2 春玉米各生育期不同保水措施对土壤温度的影响

Fig.2 Effects of different water-retaining measures on soil temperature during different growth stages of spring maize.

注:同一时期不同大小写字母表示极显著 ($P < 0.01$) 和显著差异 ($P < 0.05$)

Note: Different capital and lowercase letters mean very significant difference and difference at $P < 0.01$ and $P < 0.05$ levels, respectively.

处理在玉米生长前期降温作用显著,苗期和拔节期 10 cm 土壤温度比对照分别降低了 2.75°C 和 1.63°C、抽雄期和成熟期土温与对照差异不显著;SAP 处理与对照比较,各生育期土壤温度差异均不显著。

2.3 不同保水措施对土壤水分的影响

由图 3 可以看出,生育前期,由于有自然降雨,各处理土壤水分含量无显著差异,生育后期,随着干旱胁迫时间的增加,各处理土壤含水量均逐步下降,但不同处理下降速度不同,下降速度趋势依次为 FM < SM < SAP < CK,也就是说,不同保水措施均能提高土壤水分含量,其中 FM 的保水效果最显著,同期含水量比 CK 最大增加 28.1%,

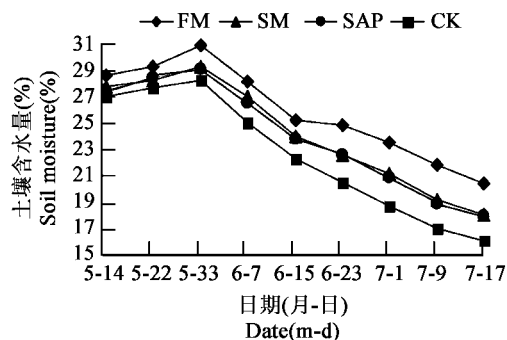


图3 不同保水措施对土壤含水量的影响

Fig.3 Effects of different water-retaining measures on soil moisture.

达极显著差异 ($P < 0.01$)。SM 和 SAP 处理的土壤含水量比 CK 最大分别增加 13.55% 和 11.37%。

2.4 不同保水措施对春玉米叶绿素含量的影响

图 4 中表明,苗期到抽穗,各处理植株叶片叶绿素含量均呈上升趋势,至抽雄期达最大值,之后逐步下降。与 CK 相比,不同保水措施均能显著提高春玉米植株的叶绿素含量。6 月 7 日 FM 达抽雄期时测定结果,FM、SM 和 SAP 处理植株叶片叶绿素含量分别比 CK 提高了 26.1%、12.8% 和 10.2%。从整个玉米生育期叶绿素含量动态变化来看,FM 处理植株叶片叶绿素含量峰值出现在 6 月 7 日;SM、SAP 及 CK 处理植株叶片的叶绿素含量峰值均出现在 6 月 15 日。

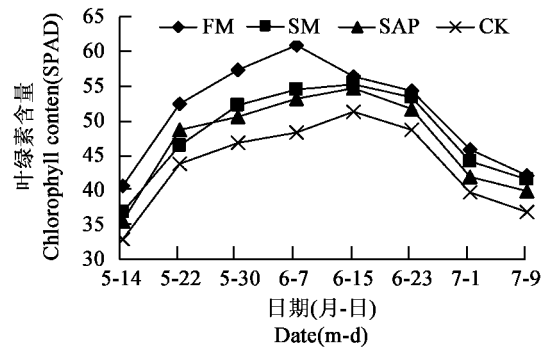


图4 不同保水措施对春玉米叶片叶绿素含量的影响(SPAD 值)

Fig.4 Effects of different water-retaining measures on chlorophyll content of corn leaves.

2.5 不同保水措施对春玉米养分含量的影响

从图 5 可看出,各处理经干旱胁迫后,成熟期取样测定植株地上部养分状况,不同保水措施的全氮(N)、全钾(K)含量均显著高于对照,全氮(N)含量顺序依次为 FM > SM > SAP > CK,全钾(K)含量顺序为 FM > SAP > SM > CK,全磷(P)含量 FM、SM、SAP 略高于对照,但不同处理之间无显著差异。

2.6 不同保水措施对产量及构成因素的影响

表 2 中显示,不同处理间产量以 FM 处理为最高,为 8 972.95 kg/hm²,比 CK 增加 33.80%;其次是 SM 处理,比 CK 增加 25.87%;SAP 的玉米产量,比 CK 增加 13.59%,与对照的差异均达极显著水平 ($P < 0.01$),FM 与 SAP 的差异也达极显著水平,SM 与 SAP 的玉米产量无明显差异。

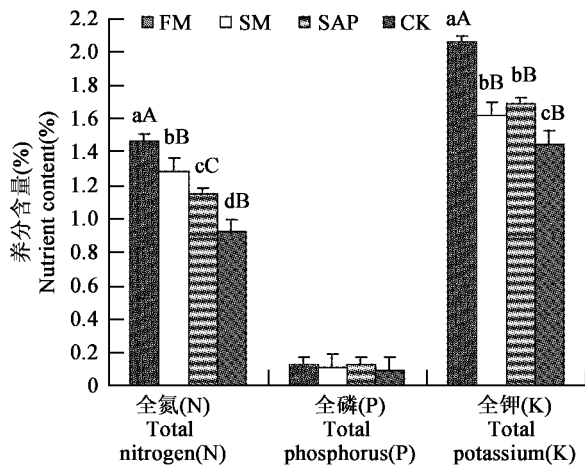


图5 不同保水措施对春玉米养分含量的影响

Fig. 5 Effects of different water-retaining measures on nutrient contents in leaves and stem of corn.

注:同一时期不同大小写字母表示极显著($P < 0.01$)和显著差异($P < 0.05$)

Note: Different capital and lowercase letters mean very significant difference and difference at $P < 0.01$ and $P < 0.05$ levels, respectively.

表2 不同保水措施对春玉米产量构成因素的影响

Table 2 Effects of different water-retaining measures on yield components of spring maize.

处理 Treatments	穗位高 (cm) Ear-site height (cm)	穗长 (cm) Ear length (cm)	穗粗 (cm) Ear diameter (cm)	秃顶长 (cm) Bare top of corn ear (cm)	行数 Row number	行粒数 Kernel number per row	单穗粒数 Grain number per ear	每穗干重 (g) Dry weight per ear (g)	产量 (kg/hm ²) Yield (kg/hm ²)
FM	95.9a	21.78aA	5.41a	1.77cB	14.67a	37.73aA	553.50aA	179.45aA	8 972.95aA
SM	91.7a	21.52abA	5.23a	2.01bB	14.13a	37.00bA	522.81bB	168.82abAB	8 441.42abAB
SAP	99.7a	21.22abA	5.17a	1.94bB	14.13a	37.27bA	526.63bB	152.35bB	7 617.88bB
CK	102.2a	20.82bA	5.23a	2.53aA	13.60a	36.47cB	495.99cC	134.12cC	6 706.34cC

注:同列不同大、小写字母分别表示差异达极显著($P < 0.01$)和显著水平($P < 0.05$)。

Note: Different capital and lowercase letters in the same column mean very significant and significant difference at $P < 0.01$ and $P < 0.05$ levels, respectively.

覆盖和保水剂次之,这与殷飞等^[22,23]的研究结果存在一定差异。同时在玉米生育前期,自然降水较多,虽然3种保水措施均能提高土壤水分含量,但其均在25%以上,实际上玉米生长前期是不缺水的。从拔节开始,随着干旱胁迫程度的加深,以及玉米生长需水量的增加,不同保水措施对土壤水分的影响差异逐步加大,地膜覆盖的土壤水分含量显著高于其他处理,稻草覆盖和施用保水剂的土壤水分含量也显著高于对照,说明3种保水措施在春玉米生长中后期发生季节性干旱情况下,有效延缓了土壤水分下降速度,起到了较好的保水效应。

FM、SM、SAP的穗位高、穗粗和行数与对照无明显差异;穗长、行粒数、单穗粒数和籽粒干重均大于对照,其中FM的穗长与CK的差异达到显著水平($P < 0.05$),FM、SM、SAP的行粒数、单穗粒数和籽粒干重与CK的差异均达到极显著水平($P < 0.01$);不同保水措施的玉米植株果穗的秃顶长均极显著低于CK,FM与SM、SAP的差异也达显著水平。以上结果表明,不同保水措施均有利于改善玉米穗部经济性状,在出现干旱胁迫情况下,采用地膜覆盖、稻草覆盖及施用保水剂均能显著提高春玉米产量,且以地膜覆盖的增产效果最显著。

3 讨论

3.1 不同保水措施的保水效果分析

本试验结果得出,不同保水措施均能提高土壤含水量,其中以地膜覆盖的保水效果最佳,稻草

3.2 不同保水措施对春玉米防旱及产量效应分析

针对南方季节性干旱日益严重问题,近年来国内学者开展了一些相关研究,在季节性干旱的监测预警、避旱减灾高效种植模式、抗旱节水高产农作物品种选育以及地面覆盖、化学节水、合理耕作栽培等节水减灾关键技术方面均取得了一定进展,对缓解南方季节性干旱危害,确保国家粮食稳定生产发挥了积极作用。本研究选取地膜覆盖、稻草覆盖和施用保水剂,均是目前生产上相对实用的季节性干旱防控技术体系中的重要措施。研究结果显示,地膜覆盖显著提高了土壤温度,在我

国南方4~5月连续低温阴雨特殊气候条件下,促进了玉米的生长发育,缩短了生育期,当季节性干旱发生时,不仅起到保水抗旱作用,更起到了避开干旱危害的效果。如春玉米采用地膜覆盖提早至3月中旬播种,能进一步缩短生长期,提早成熟,避开季节性干旱发生期,更大发挥避旱减灾功效^[1,4]。前人研究指出,稻草覆盖能改变土壤与大气的界面层状况,在土壤表面形成一道物理阻隔层,阻碍土壤与大气层间的水分和能量交换^[22,24]。本研究进一步证实,稻草覆盖在玉米生育前期对土壤有降温作用,正是因为稻草阻隔,加上连续低温阴雨,使得土温回升慢,直接导致玉米株高增长和出叶速度变慢,生育期略有延长。因而稻草覆盖一方面有利于保水抗旱,另一方面不利于避旱减灾,南方季节性干旱区如何协调稻草覆盖的抗旱与避旱效应还需要进一步研究。施用保水剂对土壤温度无显著影响,生长发育进度与对照基本一致。目前使用的保水剂普遍存在成本偏高不利生产应用的问题^[25],如何高效合理利用保水剂,还需要深入研究^[26]。从产量水平分析,在模拟南方季节性干旱条件下,3种保水措施均能提高玉米产量,以地膜覆盖最显著,其次是稻草覆盖和施用保水剂。其增产原因主要是采用地膜覆盖、稻草覆盖及施用保水剂均能有效减缓玉米生育后期土壤水分下降速度,提高玉米叶片的叶绿素含量,增加营养物质,特别是氮素和钾素的积累量,从而改善植株的生理机能和穗部的经济性状,降低干旱造成的危害,最终实现玉米的增产增收。

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,2010,258-260.
- [2] 傅伯杰. 中国旱灾的地理分布特征与灾情分析[J]. 干旱区资源与环境, 1991, 5(4):1-8.
- [3] 曲辉辉,杨晓光,张晓煜,等. 基于作物需水与自然降水适配度的湖南省防旱避灾种植制度优化[J]. 生态学报, 2010, 30(16):4257-4265.
- [4] 汤文光,肖小平,唐海明,等. 季节性干旱区不同播期对春玉米生长及产量的影响[J]. 现代农业科技, 2009, 15:16-18.
- [5] 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58 a演变特征[J]. 农业工程学报, 2010, (7):50-59.
- [6] 黄道友,王克林,黄敏,等. 我国中亚热带典型红壤丘陵区季节性干旱[J]. 生态学报, 2004, 24(11):2516-2523.
- [7] 王明珠. 我国南方季节性干旱研究[J]. 农村生态环境, 1997, 13(2):6-10.
- [8] 李克勤,涂先德,吴玉林. 2005年湖南玉米旱灾发生特点及对策分析[J]. 作物研究, 2006, 20(1):20-22.
- [9] 赵聚宝,李克煌. 干旱与农业[M]. 北京:中国农业出版社,1995,254-332.
- [10] 薛少平,朱林,姚万生,等. 麦草覆盖与地膜覆盖对旱地可持续利用的影响[J]. 农业工程学报,2002,18(6):71-73.
- [11] 卜玉山,苗果园,邵海林,等. 对地膜和秸秆覆盖玉米生长发育与产量的分析[J]. 作物学报,2006,37(7):1090-1093.
- [12] 杨光立,张帆,肖小平,等. 保水剂对不同土壤玉米节水增产机理研究[J]. 湖南农业科学,2007,(6):54-58.
- [13] 黄占斌,朱书全,张铃春,等. 保水剂在农业改土节水中的效应研究[J]. 水土保持研究, 2004, 11(3):57-60.
- [14] 李云开,杨培岭,刘洪禄. 保水剂农业应用及其效应研究进展[J]. 农业工程学报, 2002, 18(2):182-186.
- [15] 于琪洋. 对我国干旱及旱灾问题的思考[J]. 中国水利(A刊), 2003,4:67-69.
- [16] 李春梅,高素华. 我国北方干旱半干旱地区水资源演变规律及其供需状况评价[J]. 水土保持学报, 2002, 16(2):68-71.
- [17] 罗健,郝振纯. 我国北方干旱的时空分布特征分析[J]. 河海大学学报, 2001, 29(4):61-66.
- [18] 李维京,赵振国,李想,等. 中国北方干旱的气候特征及其成因的初步研究[J]. 干旱气象, 2003, 21(4):1-5.
- [19] 符淙斌,温刚. 中国北方干旱化的几个问题[J]. 气候与环境研究, 2002, 7(1):22-29.
- [20] 国家林业局. LY/T-1269-1999. 森林植物与森林枯枝落叶层全氮的测定[S]. 北京:中国标准出版社,1999.
- [21] 国家林业局. LY/T-1270-1999. 森林植物与森林枯枝落叶层全硅、铁、铝、钙、镁、钾、钠、磷、硫、锰、铜、锌的测定[S]. 北京:中国标准出版社,1999.
- [22] 殷飞,陈晓飞,宋迪,等. 不同保水措施的增产效果及机理分析[J]. 农机化研究, 2008, 7:80-84.
- [23] 张永涛,杨吉华,高伟. 不同保水措施的保水效果研究[J]. 水土保持通报, 2000, 20(5):46-48.
- [24] 苏衍涛,王凯荣,刘迎新,等. 稻草覆盖对红壤旱地土壤温度和水分调控效应[J]. 农业环境科学学报, 2008, 27(2):670-676.
- [25] 王亚飞,毕红梅. 保水剂的应用现状及发展前景[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2006, 18(5):77-80.
- [26] 李茂松,李章成,宋吉青,等. 不同保水剂吸水保水能力聚类分级研究[J]. 水土保持研究, 2006, (6):262-264.