

# 不同用量保水剂对玉米苗期生理生态特性的影响

赵玉坤<sup>1</sup>, 武继承<sup>2\*</sup>

(1. 河南大学 生命科学学院, 河南 开封 475001; 2. 河南省农业科学院 植物营养  
与资源环境研究所, 河南 郑州 450002)

**摘要:** 为探明新型保水剂对玉米苗期形态及生理特征变化的影响及最佳使用量, 设置了 30、60、90、120、150 kg/hm<sup>2</sup> 5 个用量进行试验。结果表明, 保水剂能显著提高土壤表层水分含量, 且表层水分含量随着保水剂施用量的增加而升高。随着保水剂用量的增加, 玉米的株高、茎粗、叶数总体呈先上升后下降的趋势, 在保水剂用量为 60 kg/hm<sup>2</sup> 时达到最大值; 玉米叶片叶绿素、可溶性糖、可溶性蛋白质含量的变化呈先上升后下降再上升的趋势, 峰值分别出现在 60 kg/hm<sup>2</sup>、120 kg/hm<sup>2</sup>、60 kg/hm<sup>2</sup> 时; 而玉米叶片脯氨酸含量及过氧化物酶活性的变化趋势则相反, 在保水剂用量为 60 kg/hm<sup>2</sup> 时达到最小值。

**关键词:** 玉米; 保水剂; 植株生长; 生理指标

**中图分类号:** S143.8   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1004-3268(2010)06-0031-04

## Effects of Different Quantity Water-retaining Agent on Ecophysiological Characteristics of Maize in Seedling Stage

ZHAO Yu-kun<sup>1</sup>, WU Ji-cheng<sup>2\*</sup>

(1. College of Life Sciences Henan University, Kaifeng 475001, China; 2. Institute of Plant Nutrition and Resource Environment, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** The field experiment on morphological and physiological characteristics of seedling stage of maize was conducted under different quantity of water-retaining agent to find out the optimal dosage. The results showed that topsoil moisture content was boosted remarkably by a specified quantity of water-retaining agent. With increasing quantity of water-retaining agent, maize's plant height, stem diameter, and leaf number per plant raised at first and became lower later. They reached the peak at the dosage of 60 kg/ha. The change of leaf chlorophyll content, soluble sugars content and soluble protein content raised at first, then became lower and raised again at last. They peaked at the quantity of 60 kg/ha and 120 kg/ha, while the leaf proline content and peroxidase activity showed the opposite changing pattern. They reached a minimum at the quantity of 60 kg/ha.

**Key words:** Maize (*Zea mays* L.); Water-retaining agent; Plant growth; Physiological indexes

玉米在生长期对水分状况反应敏感, 干旱影响玉米生长发育的各个阶段, 是造成玉米产量不稳的重要原因<sup>[1]</sup>。保水剂作为一种化学节水剂, 施用于土

壤可减少土壤水分、养分流失, 调节土壤水、热、气状况, 改善土壤肥力结构, 提高作物水肥利用率, 从而达到节水增产的目的<sup>[2,3]</sup>。近年来相关研究<sup>[4-8]</sup>表明, 施

收稿日期: 2010-02-20

基金项目: “十一五”国家“863”节水农业重点项目(2006AA100215); 河南省重点科技攻关项目(0623012600)

作者简介: 赵玉坤(1984-), 男, 山西运城人, 硕士, 主要从事农业生态学研究。E-mail: ykzhao@yahoo.cn

\* 通讯作者: 武继承(1965-), 男, 河南通许人, 研究员, 博士, 主要从事土壤资源利用与节水农业研究。

E-mail: wujc65@sina.com

用适量保水剂能有效促进作物根系发育、提高作物出苗率、促进作物个体生长以及增加作物产量, 而对其施用后作物的生理生态适应机制研究较少。为此, 研究了不同施用量的保水剂对玉米植株生理指标的影响, 旨在为新型保水剂的推广提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 供试材料及试验点概况

供试保水剂为河南省农业科学院植物营养与资源环境研究所研制的营养型抗旱保水剂, 玉米品种为中科 11。

试验点设在河南省禹州市郭连乡岗孙村的岗旱地。该地位于河南省中部, 在东经  $113^{\circ}03' \sim 113^{\circ}39'$  和北纬  $33^{\circ}59' \sim 34^{\circ}24'$  之间, 属伏牛山余脉与豫东南平原过渡区域。热量资源丰富, 雨量较多, 光照充足, 无霜期长, 春季干旱风沙多, 夏季炎热降雨集中, 秋季晴朗日照长, 冬季寒冷雨雪少, 为温带大陆性季风气候, 年均降雨量为 646mm, 分布极不均匀, 降雨主要集中在夏季, 占全年降雨量的 62%, 存在较严重的春旱、伏旱和秋旱。年平均气温在  $15^{\circ}\text{C}$ , 历年 1 月份平均温度  $0.7^{\circ}\text{C}$ , 7 月份平均温度  $27.1^{\circ}\text{C}$ ,  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  年均积温  $4607.5^{\circ}\text{C}$ , 年均日照时数 2280h, 年均无霜期 206d。土壤为褐土, 土壤母质为黄土性物质, 耕层土壤 pH 为 7.9, 养分状况为有机质  $12.3\text{g/kg}$ 、全氮  $0.80\text{g/kg}$ 、水解氮  $47.82\text{mg/kg}$ 、速效磷  $666\text{mg/kg}$ 、速效钾  $114.8\text{mg/kg}$ 。

### 1.2 试验方法

试验采用随机区组设计, 6 个处理保水剂用量分别为 0(对照)、30、60、90、120、 $150\text{kg/hm}^2$ , 3 次重

复, 共 18 个小区。玉米栽培株距为  $0.33\text{m}$ , 小区宽窄行, 宽行行距  $1.2\text{m}$ , 窄行行距  $0.6\text{m}$ , 每小区面积  $18\text{m}^2$ 。在玉米幼苗出土(四叶期)后撒施保水剂, 保水剂施于窄行内, 拌土沟施, 后在其上覆盖一层土, 以防雨水冲刷。其他追肥、除草等田间管理由当地农民进行。

取样及数据调查于玉米苗期后期(2008 年 7 月 11 日)进行, 大田实地测量株高、茎粗、叶数等形态指标, 每小区随机调查 6 株, 取平均值; 用土壤水分测定仪测定土壤表层水分, 每小区重复测定 5 次; 然后在每小区采取长势均匀的 3 片叶, 放于液氮罐带回实验室测定生理指标, 参照李合生<sup>[9]</sup>的方法测定可溶性总糖含量、可溶性蛋白质含量、脯氨酸含量; 叶绿素 a、b 含量测定采用 95% 丙酮-乙醇提取法<sup>[10]</sup>; 过氧化物酶活性测定采用愈创木酚比色法<sup>[11]</sup>。各生理指标均重复测定 6 次, 取平均值。

### 1.3 数据分析

数据采用 Excel 2003 和 SPSS 11.5 统计软件进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同用量保水剂对土壤表层水分含量的影响

施用保水剂能显著地提高土壤表层水分含量(表 1)。同对照相比, 保水剂施用量为 30、60、90、120、 $150\text{kg/hm}^2$  时, 土壤表层水分含量分别提高了 13.3%、20.56%、22.42%、24.74%、30.42%, 表现随着保水剂用量的增加而增大的趋势。说明施用一定量的保水剂能有效提高土壤的保水蓄水能力, 从而为作物提供一个相对稳定的水分环境。

表 1 不同用量保水剂作用下玉米苗期土壤表层水分含量

项目	保水剂用量/ $(\text{kg}/\text{hm}^2)$					
	0	30	60	90	120	150
土壤表层水分含量/%	$21.50 \pm 1.80\text{dC}$	$24.36 \pm 1.35\text{cB}$	$25.92 \pm 1.03\text{bcAB}$	$26.32 \pm 1.25\text{bAB}$	$26.82 \pm 0.76\text{abA}$	$28.04 \pm 0.91\text{aA}$

注: 同行不同大、小写字母表示处理间差异极显著或显著。下同

### 2.2 不同用量保水剂对玉米苗期植株生长的影响

从表 2 可以看出, 施用一定量的保水剂能够显著提高玉米的株高、茎粗和叶数。株高随着保水剂用量的增加, 呈双峰型变化, 峰值分别出现在施用量为  $60\text{kg/hm}^2$  和  $120\text{kg/hm}^2$  时, 且两者差异不显著 ( $P > 0.05$ )。与对照相比, 施用不同量的保水剂均能增加玉米的株高, 但在  $30\text{kg/hm}^2$  时差异不显著 ( $P > 0.05$ )。株高在 30、90、 $150\text{kg/hm}^2$  间差异不显著 ( $P > 0.05$ ),  $60$ 、 $120\text{kg/hm}^2$  处理对株高影响与其他处理对株高影响相比差异达到极显著水平

( $P < 0.01$ )。玉米茎粗变化趋势与株高变化趋势一致, 不同的是, 30、90、 $150\text{kg/hm}^2$  保水剂处理与对照相比差异均不显著 ( $P > 0.05$ )。玉米叶数的变化呈单峰型, 峰值出现在  $60\text{kg/hm}^2$  用量时, 与对照相比差异显著 ( $P < 0.05$ )。由此可见, 对玉米生长有显著促进作用的保水剂最佳施用量为  $60\text{kg/hm}^2$ 。

### 2.3 不同用量保水剂对玉米苗期植株生理特性的影响

2.3.1 不同用量保水剂对玉米叶片叶绿素含量的影响 作物的产量与其光合速率大小密切相关, 而光合速率与叶绿素含量呈正相关<sup>[13]</sup>。施用一定量

的保水剂能显著提高玉米叶片的叶绿素含量(表3)。叶绿素 a 含量随着保水剂用量的增加而增加,在  $60\text{ kg/hm}^2$  时达到最大值,与对照相比提高了  $44.3\%$ ,达到极显著水平( $P < 0.01$ ),之后又呈下降

趋势。叶绿素 b 变化趋势与之相同。叶绿素 a/b 比值在  $60\text{ kg/hm}^2$  时达到最小值,与对照差异达到极显著水平( $P < 0.01$ ),说明保水剂对玉米叶片叶绿素 b 含量的影响要大于其对叶绿素 a 含量的影响。

表2 不同用量保水剂作用下玉米苗期株高、茎粗、叶数

项目	保水剂用量/( $\text{kg/hm}^2$ )					
	0	30	60	90	120	150
株高/m	$0.49 \pm 0.02\text{cD}$	$0.56 \pm 0.04\text{bcCD}$	$0.70 \pm 0.09\text{aA}$	$0.59 \pm 0.06\text{bBC}$	$0.68 \pm 0.03\text{aAB}$	$0.57 \pm 0.05\text{bCD}$
茎粗/cm	$1.57 \pm 0.16\text{cB}$	$1.69 \pm 0.15\text{bcAB}$	$1.93 \pm 0.26\text{aA}$	$1.78 \pm 0.11\text{abcAB}$	$1.82 \pm 0.22\text{abAB}$	$1.78 \pm 0.11\text{abcAB}$
可见叶/片	8cB	9bAB	11aA	10abA	10abA	10abA
全展叶/片	7cC	7bcBC	9aA	8abAB	8abAB	8abABC

表3 不同用量保水剂作用下玉米苗期叶绿素 a、b 含量

项目	保水剂用量/( $\text{kg/hm}^2$ )					
	0	30	60	90	120	150
叶绿素 a 含量/( $\text{mg/g}$ )	$2.28 \pm 0.11\text{dE}$	$2.87 \pm 0.14\text{bB}$	$3.29 \pm 0.12\text{aA}$	$2.56 \pm 0.11\text{cCD}$	$2.77 \pm 0.03\text{bBC}$	$2.46 \pm 0.24\text{cDE}$
叶绿素 b 含量/( $\text{mg/g}$ )	$0.67 \pm 0.11\text{cC}$	$0.78 \pm 0.08\text{cBC}$	$1.53 \pm 0.24\text{Aa}$	$0.78 \pm 0.01\text{cBC}$	$0.98 \pm 0.15\text{bB}$	$0.69 \pm 0.03\text{cC}$
叶绿素(a+b)含量/( $\text{mg/g}$ )	$2.95 \pm 0.18\text{dD}$	$3.65 \pm 0.21\text{bB}$	$4.82 \pm 0.13\text{aA}$	$3.34 \pm 0.11\text{cC}$	$3.74 \pm 0.15\text{bB}$	$3.15 \pm 0.27\text{cdCD}$
叶绿素 a/b 比值	$3.44 \pm 0.45\text{abA}$	$3.68 \pm 0.21\text{aA}$	$2.20 \pm 0.40\text{dC}$	$3.27 \pm 0.17\text{bAB}$	$2.88 \pm 0.41\text{cB}$	$3.58 \pm 0.21\text{abA}$

2.3.2 不同用量保水剂对玉米叶片过氧化物酶活性、脯氨酸、可溶性糖、可溶性蛋白质含量的影响  
不同用量的保水剂能显著影响玉米叶片的一些生理生化指标(表4)。叶片过氧化物酶活性先降后升再降,最低值出现在  $60\text{ kg/hm}^2$  时,其后随着保水剂用量的增加,有一定上升趋势,但还是要小于对照值。叶片脯氨酸含量的变化与过氧化物酶活性的变化趋势相差不大,而这两者的变化与植物所处的环境胁迫密切相关<sup>[14]</sup>。本试验结果表明,与对照相比,保水剂用量在  $60\text{ kg/hm}^2$  时,玉米叶片过氧化物酶活

性和脯氨酸含量低,此时玉米所处环境胁迫程度小,因此,可以认为该用量的保水剂处理能为玉米幼苗的生长创造良好条件,为今后高产打下基础。

叶片可溶性糖、可溶性蛋白质含量反映了植株的生长与新陈代谢状况。玉米叶片可溶性糖含量的变化随保水剂用量的增加呈“M”型,峰值分别出现在  $60\text{ kg/hm}^2$  和  $120\text{ kg/hm}^2$  时,与对照相比,差异均达到极显著水平( $P < 0.01$ )。叶片可溶性蛋白质含量变化与可溶性糖含量变化趋势一致,说明  $60\text{ kg/hm}^2$  时叶片内有机物含量达到最大值,植株的生长代谢旺盛。

表4 不同用量保水剂作用下玉米苗期生理指标比较

项目	保水剂用量/( $\text{kg/hm}^2$ )					
	0	30	60	90	120	150
过氧化物酶活性/ ( $\text{U}/(\text{mg} \cdot \text{min})$ )	$1.57 \pm 0.39\text{aA}$	$1.49 \pm 0.38\text{aA}$	$1.02 \pm 0.10\text{bA}$	$1.26 \pm 0.26\text{abA}$	$1.33 \pm 0.17\text{abA}$	$1.18 \pm 0.10\text{abA}$
可溶性糖含量/ ( $\text{mg/g}$ )	$30.80 \pm 1.61\text{bC}$	$33.01 \pm 2.15\text{bC}$	$37.59 \pm 2.54\text{aAB}$	$33.13 \pm 2.97\text{bBC}$	$39.94 \pm 4.50\text{aA}$	$32.05 \pm 2.25\text{bC}$
可溶性蛋白质含量/ ( $\text{mg/g}$ )	$2.54 \pm 0.54\text{bcC}$	$2.97 \pm 0.44\text{bBC}$	$4.00 \pm 0.70\text{aA}$	$2.61 \pm 0.59\text{bcC}$	$3.74 \pm 0.51\text{aAB}$	$2.19 \pm 0.23\text{cC}$
脯氨酸含量/ ( $\mu\text{g/g}$ )	$39.37 \pm 1.78\text{aA}$	$33.99 \pm 3.00\text{bB}$	$30.54 \pm 1.20\text{cC}$	$34.55 \pm 2.93\text{bB}$	$29.03 \pm 1.44\text{cC}$	$34.73 \pm 1.03\text{bB}$

### 3 讨论

植物叶片内较高的叶绿素含量能提高作物的净光合速率,从而提高作物产量<sup>[15]</sup>。高的叶绿素 a/b

比值能有效提高植株电子传递、质子转移、最大光合能力<sup>[16]</sup>,另外,它还与植物的逆境适应有关<sup>[17]</sup>。而叶绿素 b 是由叶绿素 a 转化而来<sup>[18]</sup>,说明植物在不良环境条件下,降低了叶绿素 b 的合成,使叶绿素 a

维持在一个相对较高水平,从而保证了光合作用中光合色素“捕捉”光能的顺利进行,以适应不良环境。武继承等<sup>[19]</sup>研究表明,保水剂对旱地小麦产量提高有积极效果。任岩岩等<sup>[20]</sup>研究认为,保水剂对土壤性质及土壤微生物有一定影响。在本试验中,保水剂施用量为 $60\text{ kg/hm}^2$ 时,叶绿素a/b比值最小,叶绿素含量最高,说明在旱岗地施用一定量的保水剂能有效缓解干旱对玉米生长的不利影响。

过氧化物酶广泛存在于植物体内,主要的生理功能是参与活性氧代谢、木质素和木栓质的合成、生长素的降解以及其他物质的氧化过程<sup>[21]</sup>,大部分的过氧化物酶合成属于环境胁迫诱导表达型,是植物在逆境条件下酶促防御系统的关键酶之一。脯氨酸在植物适应胁迫过程中起重要作用,主要可作为细胞内的渗透调节剂、还原剂或能量来源、N素储藏物质、羟基自由基清除剂、细胞内酶的保护剂以及可降低细胞内酸度和调节氧化还原电势等<sup>[22]</sup>。在本试验中,与对照相比,施用一定量的保水剂能降低过氧化物酶活性以及脯氨酸含量,在 $60\text{ kg/hm}^2$ 用量时达到最低值,说明在保水剂用量 $60\text{ kg/hm}^2$ 时,能有效改善玉米的生长环境,为其生长提供相对稳定的水分环境,促进玉米植株的生长,这与形态指标所反映的趋势一致。

在旱岗地施用一定量的营养型抗旱保水剂对苗期玉米的生长有明显促进作用。其最适施用量为 $60\text{ kg/hm}^2$ ,与未施保水剂处理相比,玉米幼苗的株高、茎粗、叶数等均有较大增幅,且其生理指标也表现出最佳适应特征,从而为玉米高产奠定基础。

#### 参考文献:

- [1] 袁佐清, 张建勇. 水分胁迫对玉米大喇叭口期生长的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(4): 235-237.
- [2] 黄占斌, 辛小桂, 宁荣昌, 等. 保水剂在农业生产中的应用与发展趋势[J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(3): 11-14.
- [3] 吴德瑜. 保水剂与农业[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1991: 39-42.
- [4] 方锋, 黄占斌, 俞满源. 保水剂与水分控制对辣椒生长及水分利用效率的影响研究[J]. 中国生态农业学报, 2004, 12(2): 73-76.
- [5] 汪立刚, 武继承, 王林娟. 保水剂有效使用的土壤水分条件及对小麦的增产效果[J]. 土壤, 2003(1): 80-82.
- [6] 王改云, 杨红丽. SA型抗旱保水剂在花生生产中的施用效果[J]. 花生学报, 2003, 32(增刊): 491-493.
- [7] 黄占斌, 张玲春, 董莉, 等. 不同类型保水剂性能及其对玉米生长效应的比较[J]. 水土保持学报, 2007, 21(1): 140-143.
- [8] 郭江. 保水剂在吐鲁番地区甜瓜上的应用效果研究[J]. 现代农业科技, 2009(5): 7-9.
- [9] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 182-259.
- [10] 杨敏文. 快速测定植物叶片叶绿素含量方法的探讨[J]. 光谱实验室, 2002, 19(4): 478-481.
- [11] 张志良, 瞿伟菁. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003: 123-124.
- [12] 王启基, 王文颖, 景增春, 等. 保水剂对江河源区退化草地土壤水分和植物生长发育的影响[J]. 草业科学, 2005, 22(6): 52-57.
- [13] Butty B R, Buzzell R I. 大豆光合作用速率和叶绿素含量之间的关系[M]. 赵福洪, 译. 北京: 科学出版社, 1979: 72-75.
- [14] 高灿红, 胡晋, 郑昀晔, 等. 玉米幼苗抗氧化酶活性、脯氨酸含量变化及与其耐寒性的关系[J]. 应用生态学报, 2006, 17(6): 1045-1050.
- [15] 刘贞琦, 刘振业, 马达鹏, 等. 水稻叶绿素含量及其与光合速率关系的研究[J]. 作物学报, 1984, 10(1): 57-62.
- [16] Anderson J M. Photoregulation of the composition, function, and structure of thylakoid membranes[J]. Annual Review of Plant Physiology, 1986(37): 93-136.
- [17] 韦福民, 张晓燕, 刘鹏. 不同海拔对七子花叶片色素含量、含水量及比叶面积的影响[J]. 亚热带植物科学, 2007, 36(1): 1-4.
- [18] 潘瑞炽. 植物生理学[M]. 4版. 北京: 高等教育出版社, 2001: 296-298.
- [19] 武继承, 郑惠玲, 史福刚, 等. 不同水分条件下保水剂对小麦产量和水分利用的影响[J]. 华北农学报, 2007, 22(5): 44-46.
- [20] 任岩岩, 武继承. 保水剂在农业上应用及发展趋势[J]. 河南农业科学, 2009(4): 15-17.
- [21] 田国忠, 李怀方, 裘维蕃. 植物过氧化物酶研究进展[J]. 武汉植物学研究, 2001, 19(4): 332-344.
- [22] 赵福庚, 刘友良. 胁迫条件下高等植物体内脯氨酸代谢及调节的研究进展[J]. 植物学通报, 1999, 16(5): 540-546.