



# 西南玉米

## 耐旱生理与抗逆栽培

◎ 刘永红 编著

中国农业科学技术出版社

# 西南玉米

## 耐旱生理与抗逆栽培

◎ 刘永红 编著

中国农业科学技术出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

西南玉米耐旱生理与抗逆栽培/刘永红编著. —北京:  
中国农业科学技术出版社, 2009. 11  
ISBN 978 - 7 - 80233 - 982 - 8

I. 西… II. 刘… III. ①玉米—植物生理学—研究  
②玉米—栽培—研究 IV. S513

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 132255 号

责任编辑 杨玉文  
责任校对 贾晓红

出 版 者 中国农业科学技术出版社  
北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081  
电 话 (010) 82106631 (编辑室) (010) 82109704 (发行部)  
(010) 82109703 (读者服务部)  
传 真 (010) 82106636  
网 址 <http://www.castp.cn>  
经 销 者 新华书店北京发行所  
印 刷 者 北京华忠兴业印刷有限公司  
开 本 850 mm × 1 168 mm 1/32  
印 张 10. 625  
字 数 270 千字  
版 次 2009 年 11 月第 1 版 2009 年 11 月第 1 次印刷  
定 价 28. 00 元

— 版权所有 · 翻印必究 —

# 《西南玉米耐旱生理与抗逆栽培》

主要编写人员

刘永红 杨 勤 滕耀聪

何文铸 柯国华 贺朝凯

高 强

# 前 言

我国东北、黄淮海、西南三大玉米产区，有 2/3 分布在干旱、半干旱和湿润易旱的坡耕地，干旱成为制约玉米发展的第一大自然灾害。西南玉米区包括四川、云南、贵州、广西、重庆和湖北、湖南、陕西等省区的部分玉米种植区，常年玉米种植面积约 450 万  $\text{hm}^2$ ，占全国玉米面积的 17% 左右。玉米集中种植在川黔山地、滇桂红壤和武陵山区，生长季节遭受的农业气候灾害有干旱、洪涝、秋绵雨及低温冷害。季节性干旱是西南玉米区最主要自然灾害，发生频率高，影响范围大。春旱自西往东减少，以云南、四川西南山地出现频率最大，黔东基本无春旱。初夏干旱常出现在本区的中部和偏北部，以四川盆地西部和中部最多见。伏旱自东往西减少，以重庆和四川东部、黔东最多。广西以春旱和秋旱为主，春旱比较严重的是桂西北、左右江河谷地区，发生频率为 60% ~ 90%，秋旱较重的地方是梧州—平南—武宣—宜州—环江—线以北以东地区，发生频率为 50% ~ 70%。

针对季节性干旱发生频率高，坡耕地土层瘠薄、土壤库容小、保水能力差以及间套种植条件共同制约土壤供水，加剧干旱胁迫，促使植株早衰，严重影响籽粒发育，出现玉米单产低而不稳等问题，近 20 年来依托国家和部省有关项目，深入研究了坡耕地玉米耐旱生理和抗逆栽培技术。重点以干旱胁迫、土层厚度、品种类型为诱因，从调查分析与玉米产量密切相关的花粒期根、叶衰老的若干表征指标、生理生化指标入手，提出旱害诊断的指标体系，以及籽粒发育特性，并探索相应的调控措施，进而为选育抗旱性强、水分利用效率高的品种和拟定玉米抗旱高产技

术方案提供理论基础和研究方向。本书以作者的研究结果为主，同时参考了国内外同行专家研究的成果。

全书共 8 章：第 1 章分析了季节性干旱对玉米产量与源库的影响；第 2 章研究了在干旱胁迫情况下玉米根系的耐旱生理；第 3 章阐述了在干旱情况下玉米叶片光合生理、细胞渗透调节和内源物质的变化特征；第 4 章以干湿交替处理研究了玉米植株干物质积累与再分配特征；第 5 章研究了花粒期干旱对玉米籽粒发育生理的影响；第 6 章分析了玉米根、叶、粒水分响应生理的同步特性；第 7 章分析建立了农田生态、植株缺水响应指标和抗旱节水品种鉴定指标；第 8 章研究提出了以旱灾调控为主的抗逆栽培技术。附件中，依据我国农业数据库资料统计了西南地区玉米自新中国成立以来的播种面积和单产状况，同时根据研究结果和生产需求及玉米产业发展提出了多项技术对策和建议，本部分收录了 10 篇文章。

在研究过程中，先后得到现代农业产业技术体系建设（nycytx-02）及公益性农业科研专项（nyhyzx07-003-03）、国家科技支撑计划（2006BAD29B08；2007BAD88B08）、国家“863”计划（2006AA100204）以及四川省应用基础等项目资助，在此一并致谢。

本书承蒙中国工程院荣廷昭院士，国家玉米产业技术体系首席科学家张世煌研究员，博士生导师杨文钰教授指导和帮助。对先后参加该课题研究的全体人员和给予出版支持的领导和专家，表示衷心的感谢。由于作者水平有限，书中不妥之处，请读者批评指正。

# 目 录

|                                 |             |
|---------------------------------|-------------|
| <b>1 季节性干旱对玉米产量与源库的影响 .....</b> | <b>(1)</b>  |
| 1.1 夏旱对玉米产量与源库的影响 .....         | (3)         |
| 1.2 伏旱对玉米产量与源库的影响 .....         | (9)         |
| 1.3 干旱与光抑制对产量形成的影响 .....        | (15)        |
| <b>2 根系耐旱生理 .....</b>           | <b>(18)</b> |
| 2.1 根量 .....                    | (20)        |
| 2.2 根细胞的渗透调节 .....              | (28)        |
| 2.3 根细胞的内源物质 .....              | (32)        |
| 2.4 根系矿质灰分 .....                | (38)        |
| 2.5 根系水分响应指标 .....              | (38)        |
| <b>3 叶片耐旱生理 .....</b>           | <b>(54)</b> |
| 3.1 叶面积 .....                   | (56)        |
| 3.2 叶片光合生理 .....                | (67)        |
| 3.3 叶片细胞的渗透调节 .....             | (73)        |
| 3.4 叶片细胞内源物质 .....              | (76)        |
| 3.5 绿叶矿质灰分 .....                | (81)        |
| 3.6 叶片水分响应指标 .....              | (82)        |
| 3.7 叶片响应指标与水分亏缺指标的关系 .....      | (89)        |
| <b>4 干物质积累与再分配 .....</b>        | <b>(98)</b> |
| 4.1 干旱胁迫对干物质积累的影响 .....         | (100)       |
| 4.2 复水补偿生长 .....                | (102)       |
| 4.3 干物质动态积累对产量的影响 .....         | (103)       |
| 4.4 干物质再分配 .....                | (105)       |

|                                                     |       |
|-----------------------------------------------------|-------|
| <b>5 籽粒发育生理</b> .....                               | (109) |
| 5.1 籽粒形成 .....                                      | (109) |
| 5.2 籽粒产量及产量性状 .....                                 | (117) |
| 5.3 籽粒细胞的内源物质 .....                                 | (129) |
| <b>6 根、叶、粒水分响应生理同步特性</b> .....                      | (137) |
| 6.1 根、叶相关性 .....                                    | (138) |
| 6.2 根、叶与籽粒产量相关性 .....                               | (143) |
| 6.3 根、叶、粒内源物质的同步变化 .....                            | (149) |
| <b>7 旱害诊断指标</b> .....                               | (174) |
| 7.1 玉米农田生态反应指标 .....                                | (174) |
| 7.2 水分胁迫作物响应指标 .....                                | (177) |
| 7.3 土壤—作物—大气连续体的缺水信息指标 .....                        | (183) |
| 7.4 抗旱节水品种鉴定指标 .....                                | (188) |
| <b>8 抗逆栽培技术</b> .....                               | (198) |
| 8.1 水肥调控生理 .....                                    | (198) |
| 8.2 限源疏库调控生理 .....                                  | (204) |
| 8.3 外源物质调控生理 .....                                  | (211) |
| 8.4 集雨节水栽培技术 .....                                  | (221) |
| 8.5 抗旱保水剂筛选与应用 .....                                | (228) |
| 8.6 适雨种植技术 .....                                    | (230) |
| 8.7 抗旱品种鉴定 .....                                    | (231) |
| 8.8 关键期补灌与水肥耦合技术 .....                              | (233) |
| <b>附录 1: 西南生态区玉米生产情况统计</b><br>(1949 ~ 2008 年) ..... | (239) |
| <b>附录 2: 玉米生产技术对策与建议文章摘编</b> .....                  | (259) |
| <b>附录 3: 符号说明</b> .....                             | (328) |

# 1 季节性干旱对玉米产量 与源库的影响

干旱 (Drought) 是一个农业气象学术语, 是指在无灌溉条件下, 长期无雨或少雨, 气温高, 空气湿度小, 土壤水分不能满足农作物的需要, 使作物的正常生长受到抑制, 甚至枯死, 造成减产或无收的一种灾害性天气 (杨德光等, 2001; 四川省区划办, 1999)。它是土壤干旱和大气干旱并存的一种自然灾害。而水分胁迫 (Water stress) 或水分亏缺 (Water deficits) 的概念是对植物或作物本身而言的, 是指干旱、缺水所引起的对植物或作物正常功能的干扰。干旱是世界也是我国大部分地区玉米产量不稳不高的主要原因。随着全球气候变化和水资源的日益匮乏, 全球范围内有关玉米旱害机制的研究日益引起人们的重视。数十年来, 国内外已从生理、生态、生化的角度, 深入到多种细胞器的超微结构及生物高分子结构与功能, 对玉米抗旱反应的原初过程及机理进行了许多深入的研究, 并取得了一定的进展 (徐世昌等, 1995; Sullivan et al., 1979; Clarke et al., 1980; 刘永红等, 2006、2007、2008; 杨勤等, 2005)。

西南地区耕地面积 0.13 亿  $\text{hm}^2$ , 约占全国的 11%。该区有效灌溉面积占耕地的 50%, 比全国平均水平低 11%; 旱涝保收面积占耕地的 34.6%, 比全国平均水平低 14%, 是我国典型的雨养农业区。由于地处青藏高原与长江中下游、珠江平原之间的过渡地带, 75% 以上为山地、丘陵, 坡耕地在农业生产中占有十分重要的地位。受季风气候的影响, 降水时空分布不均, 每年都有区域性、季节性干旱的发生, 而且频率高, 类

型多，春、夏、秋、冬各季节都有干旱，加上山地和丘陵农田水利基础设施较差，地面坡度较大，土壤滞水保水能力较差，抗御自然灾害的能力脆弱，干旱给农业生产造成巨大损失。如贵州省每年因干旱农作物受灾面积在 40 万  $\text{hm}^2$  左右，成灾达 30 万  $\text{hm}^2$ ；云南省每年因干旱农作物受灾面积达 50 多万  $\text{hm}^2$ ，成灾 20 多万  $\text{hm}^2$ ；四川省每年农作物受旱灾影响面积达 100 万  $\text{hm}^2$  以上，损失粮食 100 多万 t。西南玉米区干旱的特征是：①季节性干旱和区域性干旱严重；②对农业生产危害最严重的干旱类型是春旱、夏旱和伏旱，对玉米生产危害最大的是夏旱和伏旱；③在一年之中，两旱甚至三旱相连的频率较高。以四川省为例，新中国成立以来的统计资料表明，除 1954、1956 年基本无干旱外，其余年份均有不同程度的干旱发生，春旱、夏旱、伏旱频率分别为 58%、76%、67%，玉米主产区发生频率则分别高达 89%、92%、62%，不同程度的连旱多达 41 年，占 91%，表现出较高的连旱趋势。季节性干旱成为影响玉米生产的第一性灾害。

在西南玉米区季节性干旱的危害一般表现为：春旱影响玉米播种和出苗，导致缺苗断垄，基本苗不足；夏旱促使植株早衰，穗部发育受到抑制，结实率、穗粒数降低；伏旱影响籽粒发育，导致粒重低、籽粒一致性差。为了分析玉米生长季节土壤缺水情况，选择具有典型代表性的简阳市、雁江区连续 3 年每间隔 5d，采用烘干法测定玉米生长季节土壤 0 ~ 30cm 土层含水量，结果（图 1-1）表明，夏旱高发的简阳点 5 ~ 6 月是土壤水分亏缺期，伏旱高发的雁江点 7 ~ 8 月是土壤水分亏缺期。因此，研究这两个水分亏缺期的旱害机理和调控措施是玉米抗逆高产的关键。

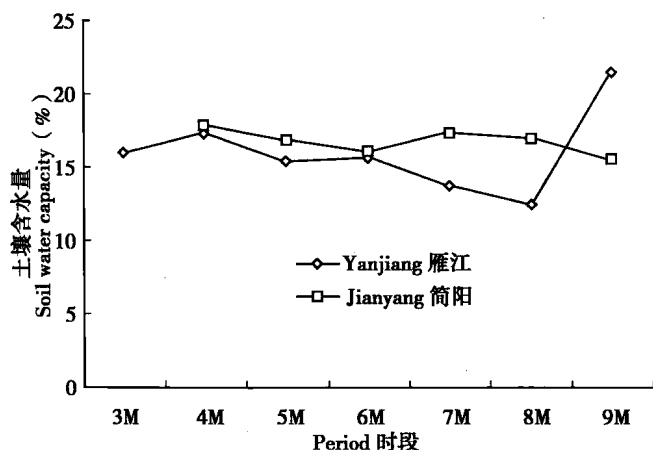


图 1-1 玉米生长季节土壤含水量

Fig. 1-1 The soil water capacity in growth seasons on maize

## 1.1 夏旱对玉米产量与源库的影响

在自然条件下,通过设置长时段播期试验反映夏旱(5~6月干旱)对玉米产量形成及源库的影响。从表1-1结果来看,4月25日播种产量最高,它主要表现在穗粒数、成穗率以及穗位高和株高显著大于其他播种期的相应指标。从其生育进程分析,虽然4月25日播种的成株期在水分亏缺的5~6月,但其产量形成的关键期(吐丝为7月4日)是土壤水分含量比较高的7月。早播的3月29日和4月5日的产量形成期在水分亏缺严重的6月,虽然生育期较长,千粒重较高,但是成穗率和穗粒数降低,夏旱形成“卡脖子旱”,因此,导致减产。晚播的5月15日、6月4日、6月24日、7月14日,虽然玉米生长季节土壤含水量较高,由于高温、高湿的环境导致生育期缩短,穗粒数、千粒重、粒叶比、成穗率以及株高、穗位高显著下降,从而导致产量不高。可见,除了干旱以外,高温或光抑制等因素共同对减

产产生了重要影响。

表 1-1 季节性干旱区播期试验结果

Table 1-1 The test result of planting stage at seasoning drought region  
(JianYang, 1996 ~ 1997 年)

| 播期<br>PS | 吐丝<br>SS | 成熟<br>期<br>MS | 生育<br>期<br>GS<br>(d) | 株高<br>PH<br>(cm) | 穗位<br>TSL<br>(cm) | 成穗<br>率<br>RM<br>GS | 秃尖<br>率<br>RBN | 穗粒<br>数<br>GN/S | 千粒<br>重<br>(g)<br>TGW | 粒比 PGL<br>粒<br>(Grain/<br>cm <sup>2</sup> ) | 产量 Yield<br>(g/<br>cm <sup>2</sup> ) | 产量 Yield<br>(kg/<br>hm <sup>2</sup> ) | (%)   |
|----------|----------|---------------|----------------------|------------------|-------------------|---------------------|----------------|-----------------|-----------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-------|
| 3/29     | 6/16     | 7/25          | 119                  | 202.1            | 85.1              | 100.0               | 10.6           | 455.6           | 269.6                 | 0.092                                       | 24.70                                | 5 047.5                               | 77.6  |
| 4/5      | 6/18     | 7/27          | 114                  | 197.5            | 71.6              | 102.8               | 2.2            | 524.6           | 267.2                 | 0.116                                       | 28.16                                | 5 512.5                               | 84.8  |
| 4/25     | 7/4      | 8/9           | 107                  | 220.7            | 91.5              | 112.0               | 5.3            | 538.7           | 267.2                 | 0.109                                       | 25.86                                | 6 504.0                               | 100.0 |
| 5/15     | 7/10     | 8/23          | 101                  | 235.0            | 86.3              | 117.6               | 6.2            | 527.8           | 252.8                 | 0.101                                       | 22.61                                | 5 955.0                               | 91.6  |
| 6/4      | 8/2      | 8/29          | 87                   | 223.3            | 82.4              | 111.1               | 14.4           | 489.6           | 210.6                 | 0.113                                       | 23.69                                | 5 629.5                               | 86.6  |
| 6/24     | 8/16     | 9/20          | 88                   | 190.8            | 78.0              | 96.3                | 16.9           | 389.0           | 193.6                 | 0.092                                       | 17.72                                | 2 583.0                               | 39.7  |
| 7/14     | 9/10     | 10/20         | 98                   | 145.2            | 70.0              | 68.5                | 16.9           | 277.7           | 161.7                 | 0.060                                       | 9.65                                 | 892.5                                 | 13.7  |

注: 1. 播期 PS——Planting stage; 吐丝期 SS——silking stage; 成熟期 MS——maturing stage; 生育期 GS——growth stage; 株高 PH——plant height; 穗位高 TSH——tallness of spike location; 成穗率 RMGS——rate of more 20 grains spike; 秃尖率 RBN——rate of bald needle than length of spike; 穗粒数 GN/S——grain number per spike; 千粒重 TGW——1 000 grains weight. 粒比 PGL——proportion of grain and green leaf area per plant.

2. 下表英文缩写与此表相同。The following is the same.

通过剪叶剪穗实现限源减库处理来分析夏旱对源库的影响。在吐丝期每隔一株对植株横剪去 1/4、1/2、3/4 绿叶, 吐丝后 10d 每隔一株从顶端起横剪 1/4、1/2、3/4 果穗, 以处理株平均值与不剪叶不剪穗的相邻株为对照比较。表 1-2、表 1-3 结果表明: 对 3 月 29 日和 4 月 5 日播种的玉米, 6 月夏旱发生期正好是吐丝期, 进行剪叶处理限源会导致穗粒数、千粒重、单穗重显著下降, 其中: 单穗重下降比例与剪叶的比例基本一致, 1/4、1/2、3/4 剪叶的单穗重分别为 64.8% ~ 86.0%、52.0% ~ 54.8%、24.2% ~ 30.0%, 穗粒数的下降幅度大于千粒重。可见

# 1 季节性干旱对玉米产量与源库的影响

限源主要是影响了籽粒建成。剪穗促进千粒重的增加从而提高了单穗重。同时进行限源减库（剪叶、剪穗各 1/2 处理）的千粒重显著下降，穗粒数和单穗重小于对照的 60%。因此，此时段播种由于受到夏旱的影响，主要是源的限制。

表 1-2 夏旱对 3 月 29 日播种处理玉米源库的影响

Table 1-2 The effect of source and sink of planting  
at 3 ~ 29 on summer drought

| 处 理<br>Treatments                | 穗粒数 GN/S    |       | 千粒重 TGW |       | 单穗重 DW |       |
|----------------------------------|-------------|-------|---------|-------|--------|-------|
|                                  | 平均值 Average | (%)   | (g)     | (%)   | (g)    | %     |
| CK                               | 483.4       | 100.0 | 216.5   | 100.0 | 104.7  | 100.0 |
| 1/4 剪叶 cut leaves                | 457.2       | 94.6  | 197.1   | 91.0  | 90.1   | 86.0  |
| 1/2 剪叶 cut leaves                | 303.8       | 62.9  | 188.8   | 87.2  | 57.4   | 54.8  |
| 3/4 剪叶 cut leaves                | 184.6       | 38.2  | 170.0   | 78.5  | 31.4   | 30.0  |
| 1/2 剪叶剪穗<br>cut leaves and spike | 284.5       | 58.8  | 210.1   | 97.0  | 59.8   | 57.1  |
| 1/4 剪穗 cut spike                 | 425.4       | 88.0  | 273.1   | 126.1 | 116.2  | 111.0 |
| 1/2 剪穗 cut spike                 | 274.5       | 56.8  | 271.3   | 125.3 | 74.5   | 71.1  |
| 3/4 剪穗 cut spike                 | 175.4       | 36.3  | 263.8   | 121.8 | 46.3   | 44.2  |

表 1-3 夏旱对 4 月 5 日播种处理玉米源库的影响

Table 1-3 The effect of source and sink of planting  
at 4 ~ 5 on summer drought

| 处 理<br>Treatments | 穗粒数 GN/S    |       | 千粒重 TGW |       | 单穗重 DW |       |
|-------------------|-------------|-------|---------|-------|--------|-------|
|                   | 平均值 Average | (%)   | (g)     | (%)   | (g)    | (%)   |
| CK                | 532.7       | 100.0 | 217.8   | 100.0 | 116.0  | 100.0 |
| 1/4 剪叶 cut leaves | 446.4       | 83.8  | 168.4   | 77.3  | 75.2   | 64.8  |
| 1/2 剪叶 cut leaves | 355.1       | 66.7  | 169.8   | 77.9  | 60.3   | 52.0  |
| 3/4 剪叶 cut leaves | 196.9       | 36.9  | 142.7   | 65.5  | 28.1   | 24.2  |

续表

| 处 理<br>Treatments                | 穗粒数 GN/S    |      | 千粒重 TGW |       | 单穗重 DW |      |
|----------------------------------|-------------|------|---------|-------|--------|------|
|                                  | 平均值 Average | (%)  | (g)     | (%)   | (g)    | (%)  |
| 1/2 剪叶剪穗<br>cut leaves and spike | 262.0       | 49.2 | 227.9   | 104.6 | 59.7   | 51.5 |
| 1/4 剪穗 cut spike                 | 414.7       | 77.8 | 273.0   | 125.3 | 113.2  | 97.6 |
| 1/2 剪穗 cut spike                 | 278.2       | 52.2 | 277.3   | 127.3 | 77.1   | 66.5 |
| 3/4 剪穗 cut spike                 | 179.0       | 33.6 | 270.5   | 124.2 | 48.4   | 41.7 |

4月25日至6月24日播种处理的结果表明(表1-4、表1-5、表1-6、表1-7):剪穗和剪叶剪穗同步处理均使千粒重增加,从而使单穗重在库限制的情况下明显增加,特别是1/4和1/2剪穗甚至达到或超过对应的剪叶处理。剪叶的穗粒数和千粒重下降幅度相对较小,因此,此阶段播种的吐丝期处于7~8月,雨水较充沛,对玉米产量主要是库的限制。

7月14日播种处理的表1-8结果表明:吐丝期剪叶和剪穗均可导致千粒重增加,而穗粒数显著下降,使单穗重极显著下降,其中,剪穗处理的下降幅度小于剪叶处理。因此,此时播期玉米库和源均不足,但是源仍是主要矛盾。

表1-4 夏旱对4月25日播种处理玉米源库的影响

Table 1-4 The effect of source and sink of planting at 4~25 on summer drought

| 处 理<br>Treatments                | 穗粒数 GN/S    |       | 千粒重 TGW |       | 单穗重 DW |       |
|----------------------------------|-------------|-------|---------|-------|--------|-------|
|                                  | 平均值 Average | (%)   | (g)     | (%)   | (g)    | (%)   |
| CK                               | 586.4       | 100.0 | 272.2   | 100.0 | 159.6  | 100.0 |
| 1/4 剪叶 cut leaves                | 553.2       | 94.3  | 230.6   | 84.7  | 127.6  | 79.9  |
| 1/2 剪叶 cut leaves                | 471.8       | 80.5  | 181.0   | 66.5  | 85.4   | 53.5  |
| 3/4 剪叶 cut leaves                | 297.8       | 50.8  | 175.4   | 64.4  | 52.2   | 32.7  |
| 1/2 剪叶剪穗<br>cut leaves and spike | 260.2       | 44.4  | 285.5   | 104.9 | 74.3   | 46.5  |

# 1 季节性干旱对玉米产量与源库的影响

续表

| 处 理<br>Treatments | 穗粒数 GN/S    |      | 千粒重 TGW |       | 单穗重 DW |      |
|-------------------|-------------|------|---------|-------|--------|------|
|                   | 平均值 Average | (%)  | (g)     | (%)   | (g)    | (%)  |
| 1/4 剪穗 cut spike  | 409.7       | 69.9 | 310.4   | 114.0 | 127.2  | 79.7 |
| 1/2 剪穗 cut spike  | 303.0       | 51.7 | 294.0   | 108.0 | 89.1   | 55.8 |
| 3/4 剪穗 cut spike  | 153.6       | 26.2 | 298.5   | 109.7 | 45.9   | 28.7 |

表 1-5 夏旱对 5 月 15 日播种处理玉米源库的影响

Table 1-5 The effect of source and sink of planting  
at 5 ~ 15 on summer drought

| 处 理<br>Treatments                | 穗粒数 GN/S    |       | 千粒重 TGW |       | 单穗重 DW |       |
|----------------------------------|-------------|-------|---------|-------|--------|-------|
|                                  | 平均值 Average | (%)   | (g)     | (%)   | (g)    | (%)   |
| CK                               | 561.3       | 100.0 | 251.7   | 100.0 | 141.3  | 100.0 |
| 1/4 剪叶 cut leaves                | 561.0       | 99.9  | 236.1   | 93.8  | 132.4  | 93.7  |
| 1/2 剪叶 cut leaves                | 456.0       | 81.2  | 181.5   | 72.1  | 82.7   | 58.6  |
| 3/4 剪叶 cut leaves                | 353.2       | 62.9  | 163.7   | 65.0  | 57.8   | 40.9  |
| 1/2 剪叶剪穗<br>cut leaves and spike | 284.5       | 50.7  | 257.5   | 102.3 | 70.4   | 49.8  |
| 1/4 剪穗 cut spike                 | 443.7       | 79.0  | 264.9   | 105.2 | 117.5  | 83.2  |
| 1/2 剪穗 cut spike                 | 265.1       | 47.2  | 273.2   | 108.5 | 72.4   | 51.3  |
| 3/4 剪穗 cut spike                 | 147.1       | 26.2  | 267.5   | 106.3 | 39.3   | 27.8  |

表 1-6 夏旱对 6 月 4 日播种处理玉米源库的影响

Table 1-6 The effect of source and sink of planting  
at 6 ~ 4 on summer drought

| 处 理<br>Treatments | 穗粒数 GN/S    |       | 千粒重 TGW |       | 单穗重 DW |       |
|-------------------|-------------|-------|---------|-------|--------|-------|
|                   | 平均值 Average | (%)   | (g)     | (%)   | (g)    | (%)   |
| CK                | 503.7       | 100.0 | 231.3   | 100.0 | 116.5  | 100.0 |
| 1/4 剪叶 cut leaves | 465.4       | 92.4  | 206.4   | 89.3  | 96.1   | 82.5  |
| 1/2 剪叶 cut leaves | 391.0       | 77.6  | 204.5   | 88.4  | 80.0   | 68.7  |

续表

| 处 理<br>Treatments                | 穗粒数 GN/S    |      | 千粒重 TGW |       | 单穗重 DW |      |
|----------------------------------|-------------|------|---------|-------|--------|------|
|                                  | 平均值 Average | (%)  | (g)     | (%)   | (g)    | (%)  |
| 3/4 剪叶 cut leaves                | 267.0       | 53.0 | 172.9   | 74.8  | 46.2   | 39.6 |
| 1/2 剪叶剪穗<br>cut leaves and spike | 240.4       | 47.7 | 248.7   | 107.5 | 59.8   | 51.3 |
| 1/4 剪穗 cut spike                 | 422.9       | 83.9 | 240.0   | 103.8 | 101.5  | 87.1 |
| 1/2 剪穗 cut spike                 | 251.5       | 49.9 | 237.2   | 102.6 | 59.7   | 51.2 |
| 3/4 剪穗 cut spike                 | 138.7       | 27.5 | 243.6   | 105.3 | 33.8   | 29.0 |

表 1-7 夏旱对 6 月 24 日播种处理玉米源库的影响  
Table 1-7 The effect of source and sink of planting at  
6 ~ 24 on summer drought

| 处 理<br>Treatments                | 穗粒数 GN/S    |       | 千粒重 TGW |       | 单穗重 DW |       |
|----------------------------------|-------------|-------|---------|-------|--------|-------|
|                                  | 平均值 Average | (%)   | (g)     | (%)   | (g)    | (%)   |
| CK                               | 371.0       | 100.0 | 200.7   | 100.0 | 74.5   | 100.0 |
| 1/4 剪叶 cut leaves                | 316.1       | 85.2  | 182.9   | 91.1  | 57.8   | 77.6  |
| 1/2 剪叶 cut leaves                | 184.2       | 49.7  | 180.8   | 90.1  | 33.3   | 44.7  |
| 3/4 剪叶 cut leaves                | 155.5       | 41.9  | 195.3   | 97.3  | 30.4   | 40.8  |
| 1/2 剪叶剪穗<br>cut leaves and spike | 183.3       | 49.4  | 230.8   | 115.0 | 42.3   | 56.8  |
| 1/4 剪穗 cut spike                 | 322.5       | 86.9  | 228.2   | 113.7 | 73.6   | 98.8  |
| 1/2 剪穗 cut spike                 | 222.9       | 60.1  | 232.0   | 115.6 | 51.7   | 69.4  |
| 3/4 剪穗 cut spike                 | 85.3        | 23.0  | 254.7   | 126.9 | 21.7   | 29.2  |

## 1 季节性干旱对玉米产量与源库的影响

表 1-8 夏旱对 7 月 14 日播种处理玉米源库的影响

Table 1-8 The effect of source and sink of planting  
at 7 ~ 14 on summer drought

| 处 理<br>Treatments                | 穗粒数 GN/S    |       | 千粒重 TGW |       | 单穗重 DW |       |
|----------------------------------|-------------|-------|---------|-------|--------|-------|
|                                  | 平均值 Average | (%)   | (g)     | (%)   | (g)    | (%)   |
| CK                               | 277.2       | 100.0 | 161.7   | 100.0 | 44.8   | 100.0 |
| 1/4 剪叶 cut leaves                | 118.4       | 42.7  | 178.0   | 110.1 | 21.1   | 47.0  |
| 1/2 剪叶 cut leaves                | 63.0        | 22.7  | 173.0   | 106.9 | 10.9   | 24.3  |
| 3/4 剪叶 cut leaves                | 96.5        | 34.8  | 181.0   | 111.9 | 17.5   | 39.0  |
| 1/2 剪叶剪穗<br>cut leaves and spike | 117.6       | 42.4  | 204.0   | 126.2 | 24.0   | 53.6  |
| 1/4 剪穗 cut spike                 | 188.4       | 67.9  | 171.0   | 105.8 | 32.2   | 71.9  |
| 1/2 剪穗 cut spike                 | 113.0       | 40.8  | 202.0   | 124.9 | 22.8   | 51.0  |
| 3/4 剪穗 cut spike                 | 8.8         | 3.2   | 200.0   | 123.7 | 1.8    | 3.9   |

## 1.2 伏旱对玉米产量与源库的影响

在自然条件下,通过设置长时段播期试验反映伏旱(7~8月)对玉米产量形成及源库的影响。表 1-9 结果表明:4 月 5 日播种的产量最高,穗粒数、成穗率显著大于其他播种期的相应指标。3 月 16 日播种的虽然产量与 4 月 5 日相当,但是其粒叶比显著低于 4 月 5 日,光合效率不高。晚播的 4 月 25 日、5 月 15 日、6 月 4 日、6 月 24 日由于产量形成关键期在水分亏缺的 7~8 月,导致成穗率、穗粒数显著下降,生育期缩短、粒叶比下降,伏旱形成了“卡脖子旱”。7 月 14 日播种的产量形成期虽然不缺水,但是生育期短,植株个体较小,产量最低。