

玉米节水栽培技术研究进展

何铁光^{1,2}, 王灿琴², 黄卓忠²

(1. 广西大学农学院, 南宁 530005; 2. 广西农业科学院生物技术研究所, 南宁 530007)

摘要: 节水灌溉技术、农田覆盖技术、耕作技术和化学调控等节水栽培技术是增加农作物产量的有效措施, 从 20 世纪 60 年代起, 这些技术的应用与推广在我国有了长足的进展。概述了节水栽培技术发展在玉米生产中的特点, 几种节水栽培技术的有机结合, 将使玉米增产研究进入一个新的高度。

关键词: 农作物生产; 节水栽培; 玉米

中图分类号: S318 **文献标识码:** C

玉米是我国的主要粮食作物之一, 在我国南方和北方均有大范围种植, 其面积常年保持在 2 000 多万 hm^2 。玉米植株高大, 叶片茂盛, 生长期又多处于高温季节, 植株的叶面蒸腾和株间蒸发大。在我国华北、东北、西北等干旱和半干旱地区, 水分不足一直是玉米产量的限制因素

节水栽培是以最少水量达到增加农作物产量目标的栽培技术措施。其任务是在农作物增产、稳产的前提下探求最充分地利用天然降水和土壤蓄水, 减少灌溉用水量, 这是旱地农业发展的一条新途径。孙占祥等^[1]采用大田和盆栽两种实验条件, 对玉米不同生育时期耗水量进行了研究。结果表明, 玉米田间耗水量在 460~490 mm 之间, 生理耗水量在 390~400 mm; 全生育期耗水不均衡, 表现出前期少、中期多、后期少的规律。以拔节—乳熟期耗水量最多。其中, 从拔节到灌浆间的需水量, 占全生育期总需水量的 43%~62%, 为 3.0~4.5 $\text{m}^3/(\text{hm}^2 \cdot \text{d})$; 玉米抽穗前后是需水量最多而最为敏感的时期, 此即玉米的需水“临界期”^[2]。因此, 在了解玉米需水规律的基础上, 因地制宜地采取科学的、配套的节水灌溉技术对玉米高产性能的发挥是至关重要的。

1 玉米节水灌溉技术

改善农田水分环境, 使之适应作物生长发育的要求, 是解决干旱问题的有效途径。传统的漫灌技术中, 渠道渗漏损失 50% 的水分, 还有一部分从地面蒸发。据统计, 我国每年有 20% 的灌溉水被浪费^[3]。20 世纪 80 年代后期提出的“波涌灌溉”及后来的“喷灌技术”、“滴灌技术”在农作物生产上都取得了很好的成效。

我国早在 20 世纪五六十年代开始对玉米节水灌溉的研究, 研究的重点主要集中在减少输水渠道的渗漏损失和田间深层渗漏。20 世纪 70~80 年代初期, 国内学者开始对玉米的需水规律进行研究, 探讨各个生育期不同水分处理对作物生长发育和产量的影响, 并取得了显著成果, 奠定了玉米节水灌溉的基础^[4,5]。这一阶段研究主要是玉米在充分灌水条件下的单产最优问题, 集中表现在气象、土壤等生态环境因子对玉米需水量和需水规律的影响, 而对玉米本身的水分生理研究较少。

20 世纪 90 年代以来, 随着可利用灌溉水资源日益减少, 传统的“高产丰水灌溉”逐渐转向“节水优产灌溉”, 非充分灌溉成为研究的重点^[6]。玉米节水灌溉技术的研究也不例外。许多试验表明, 玉米对水分胁迫具有一系列的适应机制, 能够对水分胁迫作出保护性反应, 如根系下扎、气孔关闭、光合同化物运输方向改变等, 避免因水分胁迫而大幅度减产, 其中“调亏灌溉技术”和“控制性分根交替灌溉技术”对玉米节水灌溉理论研究影响最大。

调亏灌溉 (Regulate Deficit Irrigation, 简称 RDI) 是非充分灌溉技术的进一步发展, 最早是由澳大利亚农业研究所提出的, 其基本思想是: 根据植物的生理和遗传学特征, 在其生长的某一阶段, 人为地施加一定程度的水分胁迫, 以影响植物体内的生理和生化过程。尤其是光合作用的同化物在不同组织器官间的分配, 从而提高经济产量而减少营养器官的冗余, 使植物对水肥等资源利用效率提高^[7]。目前, 调亏灌溉技术还只是处于起步阶段, 研究不够深入, 但已经表现出显著的节水效果, 是一项很有发展前途的节水灌溉技术。

控制性分根交替灌溉(Controlled Roots-Divided Alternative Irrigation, 简称 CRAD)也是根据作物的水分生理特性提出的^[8]。康绍忠、梁忠锁等^[9]据此提出了控制性分根交替灌溉的概念,并对玉米进行了初步研究,此法每沟的灌水量比传统方法增加 30%~50%,这样分根交替灌溉一般可比传统灌溉节水 25%~35%。大田试验表明,干物质累积有所减少,而经济产量和对照接近或稍高,水分利用效率大大提高。

2 玉米农田覆盖节水技术

2.1 秸秆覆盖技术

玉米地覆盖麦秸、玉米秆、麦糠或其他物质,可减少地表水分蒸发,拦截降雨和地表径流,增加土壤水分,并且可以促使玉米根系发达,吸附面积大,增强玉米吸肥吸水能力^[10]。陈素英等^[11]研究了冬小麦秸秆覆盖对夏玉米生长及水分利用的影响。研究表明,覆盖条件下,可增加 0~60 cm 土层土壤的储水量,并可有效地抑制土壤蒸发,整个生育期内覆盖与不覆盖相比,土壤蒸发量平均降低 56.5%。由于覆盖改善了土壤的水分状况,影响了夏玉米的生长发育和产量形成,叶面积、株高、生物量、产量和水分利用率均明显高于不覆盖。

玉米秸秆覆盖地表后不仅可减少水分蒸发,而且可增加水分入渗,还避免和减少了降水对地表的直接撞击和溅击,降水入渗快、地表径流少。刘跃平等^[12]研究玉米整秸秆覆盖发现其具有显著的集水增产效果,较常规耕作方式地表径流量减少 57%,土壤侵蚀量减少 55.5%,蒸发量降低 32%,降水利用率提高 43%,平均增产 29.9%,增值 27.3%。玉米秸秆含有机质及营养元素,还田后可明显改善土壤肥力状况。玉米秸秆覆盖一般增产幅度可达 15%~25%,干旱年份增产幅度可达 30%以上。丁玉川等^[13]研究表明,旱地玉米采用整秸秆半覆盖栽培具有显著的增产效果,平均增产 30%~50%。

2.2 地膜覆盖技术

地膜覆盖栽培技术的研究始于 1948 年,1956 年应用于生产实践^[14]。1979 年,我国从日本引进该技术,开始在蔬菜栽培上应用。由于效果明显,迅速发展至近百种作物,全国地膜栽培面积迅速扩大。目前我国地膜栽培面积已突破 667 万 hm^2 ,成为世界上地膜栽培面积最大的国家^[15]。我国玉米地膜覆盖栽培,主要是春玉米,集中在北方区、西北、青藏和西南区^[16]。鉴于地膜覆盖具有显著的保水、增温效应,是有效的增产措施,国内外许多研究者对其增产机理进行了广泛研究。据测定^[14],玉米的整个生育期在 5 cm 土层的日平均温度盖膜比裸地高 1.5~2.5 $^{\circ}\text{C}$,大于 10 $^{\circ}\text{C}$ 的活动积温一般增加 200~300 $^{\circ}\text{C}$;据宋治世^[17]调查,在连续干旱的情况下,盖膜比不盖膜的相对含水量高 2.77%~4.53%;许多进一步试验证明,地膜覆盖有明显的增温保墒、防止水土流失、防虫灭草、增产增收、增加经济效益的作用^[18]。

3 玉米耕作节水技术

3.1 深耕蓄墒技术

一般来说,秋季深耕比浅耕的土壤含水量多 50%,还能促进玉米根系发育并向深层下扎,扩大吸收水、肥范围。秋季深

耕(20 cm 以上)可破除犁底层,疏松心土,增厚活土层,改善土壤通透性,切断土壤的毛管孔隙,下层的毛管水不能直接补给蒸发,有利于春季保墒,增加耕层厚度,有利于通气蓄墒,并具有促进土壤养分转化、减少病虫害发生和消灭杂草的功效。根层有效水分可增加 4.0%~5.6%,渗透率提高 13%~14%,产量可提高 10%左右。若伏雨前起垄培土,则可提高土壤蓄水量 20%以上。胡振琪等^[19] 研究结果表明,深耕对土壤物理特性的改良效果十分显著,对容重和水分入渗率的影响比穿透阻力和土壤水分含量要大,玉米产量与耕深成正比,80 cm 深的耕作其产量最高。

3.2 耙平保墒和镇压提墒技术

耙平保墒技术是利用秋耙或春季顶凌耙,可平整地面,压紧耕层,表土细碎平整,地面形成疏松的细土覆盖层,切断毛管孔隙,减少土壤蒸发,实现保墒。而镇压提墒技术是指播种后镇压可压碎颗粒,封闭地面裂隙,减少地面气态水向大气扩散,土粒紧密结合,接通下层土壤毛细管,下层土壤水分上升到地表,保墒提墒,明显提高土壤持水量。

4 玉米化学调控节水技术

4.1 抗旱剂应用

抗旱剂能显著地提高玉米的抗旱能力,其生理变化是,干旱胁迫条件下能缓解超氧化物歧化酶(SOD)下降幅度及丙二醛(MDA)的增加幅度,从而降低了玉米叶片细胞的膜质过氧化水平和膜透性增加的程度,并延缓了玉米叶片可溶性蛋白和叶绿素含量的下降及叶片衰老速率,使玉米的光合作用和生物产量维持在一定的水平上。研究表明,FA 为主要成分的等一系系列抗旱剂应用,能促进玉米生长发育和根系生长,提高根系活力,改善水分状况,增强抗旱能力,显著提高玉米产量的效果。宋凤斌等^[20,21]用 100 mmol/L MOC 抗旱剂浸种 24 h,并于孕穗期和开花期对玉米植株叶面喷施相同浓度的抗旱剂。研究结果表明,在干旱条件下增加了叶片气孔阻力,降低蒸腾速率,叶水势下降幅度小,相对含水量提高,增强了叶片的保水能力。玉米进入孕穗期,干旱胁迫严重阻碍小穗和小花分化,叶面喷施“抗旱剂”,能减轻玉米雌穗分化所受干旱胁迫的影响程度,使分化发育中后期的雌穗长和宽较喷水对照分别增加 18.79%和 13.24%,每行粒数平均增加 14.13%,从而减轻了干旱对玉米籽粒产量的影响。因此“抗旱剂”在减轻或抵御自由基伤害、提高玉米耐旱能力上具有相当明显的保护效果。

4.2 保水剂应用

保水剂是一种高吸水性树脂材料,具有高吸水性和保水性的特性,能迅速吸收并保持自身重量数百乃至数千倍水分的物质。施用于土壤后,可以增加土壤代换量,增加对肥料的吸附作用,减少化肥流失;与土壤混合后,能明显提高土壤的保水能力,在土壤干旱时,能在较长时间内缓慢地释放水分满足作物需要。常克勤等^[22]研究通过 Rc-1 型“保水剂”和保水抗旱型“种衣剂”在宁夏宁南山区旱地地膜玉米上的应用试验结果表明,两者均能增强土壤的保墒抗旱能力,有效改善玉米产量构成因素和提高玉米产量。李伟民^[23]等在甘肃肃王川水源不足地区,施用土壤保水剂 26.7 kg/hm^2 ,可使玉米生长期土壤含

水率提高 4.0%~5.26%，玉米的增产率达 12.6%。黄占斌等^[24]研究表明，土壤中保水剂含量在 0.1% 以下时，土壤团聚体增加，土面蒸发明显降低，模拟降雨实验证明，0.1% 保水剂的土壤在 15% 坡度下，其水分入渗增加 42%，土壤流失率减少 54%；盆栽实验证明，土壤加入保水剂后的玉米抗旱存活率增加，保苗效果好。另外，保水抗旱型“种衣剂”应用于玉米上，可明显改善土壤物理结构，调节土壤的液、气、固三相的比例组成，提高土壤的吸水能力，增加土壤有效持水量，提高土壤保水保肥性能，有利于玉米的生长发育和干物质累积量的增加。

4.3 其他化学调控剂应用

4.3.1 脯氨酸

脯氨酸除参与渗透调节外，在适应干旱中尚有许多其他有利的作用。张烈等^[25]研究了外源脯氨酸处理对玉米抗旱性的影响后发现，孕穗期叶面喷洒脯氨酸(15 mg/kg)可以增加土壤干旱胁迫下玉米叶片的相对含水量和饱和含水量，但对气孔阻力与蒸腾速率的影响较小。这说明脯氨酸提高玉米抗旱性的主要机理在于增强了渗透调节，而非气孔因素。同时脯氨酸对于叶绿素功能的恢复具有很重要的意义，它也可能参与了叶绿素的形成。脯氨酸累积既是植物对干旱逆境的一种反应，也是植物抵御干旱、维持自身正常生命活动的一种方式。无论其在干旱胁迫下或是在胁迫复水后，体内较高的脯氨酸含量增加都有利于提高植株的耐旱性和加速恢复生长。

4.3.2 乙醇胺

乙醇胺是膜磷脂—磷脂酰乙醇胺的合成前体，外施乙醇胺可能参与了磷脂的合成和修饰，从而维持了膜结构与功能的稳定性，提高了植株的抗旱性。关义新等^[26]研究了乙醇胺对开花期遭受中度土壤干旱胁迫的玉米生理特性及产量的影响。结果表明，在干旱处理前 12h 叶面喷洒 0.2% 的乙醇胺可增加干旱条件下叶片的气孔阻力，降低蒸腾速率，维持叶片较高的相对含水量和水势，降低叶片相对电导率和丙二醛(MDA)含量；维持叶片较高的类胡萝卜素和叶绿素含量，有效地延缓了叶片的衰老和死亡，提高了叶面积指数和净光合速率，显著地促进了雌穗发育和物质生产，从而提高了玉米的产量，增强了品种的抗旱性。目前有关乙醇胺提高植株抗旱性的机理，尚需进一步研究。

另外，脱落酸(ABA)、矮壮素(CCC)等生长延缓剂，以及 CaCl₂、三唑酮(Tria)等化学药物也增强玉米的抗旱性的能力。

5 结 语

玉米节水栽培技术的研究已经取得了一定的进展，各种节水途径应有机的结合，单靠一种节水技术很难取得好的效果。例如，化学调控主要在维持生物膜结构与功能的稳定性上起到了一定的作用，但这些调控措施的研究仅仅局限于个体水平，对农业生产起不到决定性的作用，应将立足点转变为群体水平的研究，着眼于大面积产量的提高和品质的改良，因地制宜地把各种节水栽培技术有机地结合起来，并与其他高产配套栽培技术相组合在一起，才能把玉米节水研究提高到一个新的层次。

参考文献：

- [1] 孙占祥,李德新,赵 岩,等.玉米不同生育时期耗水量及抗旱性的研究[J].辽宁农业科学,1996,(2):11-14.
- [2] 山东农业科学院.中国玉米栽培学[M].上海:上海科学技术出版社,1986.
- [3] 山 仑,陈培元.旱地农业生理生态基础[M].北京:科学出版社,1998.
- [4] 范学涛.关于玉米农田耗水量的研究[J].灌溉排水,1982,1(2):34-39.
- [5] 李正风,张淑敏.干旱对玉米需水量和产量的影响[J].灌溉排水,1985,4(2):12-14.
- [6] 陈亚新,康绍忠.非充分灌溉原理[M].北京:水利电力出版社,1995.
- [7] 史文娟,胡笑涛,康绍忠.旱条件下作物调亏灌溉技术研究技术状况与进展[J].干旱地区农业研究,1998,19(3):34-37.
- [8] Dlackman P C, Davies W J. Root to shoot communication in maize plants of the effect of soil drying[J]. JEXP. Bot. 1985.
- [9] 梁忠锁,康绍忠.控制性分根交替感水的节水效应[J].农业工程学报,1997,13(4):58-63.
- [10] 佟屏亚.现代玉米生产[M].北京:中国农业科技出版社,1998.
- [11] 陈素英,张喜英.秸秆覆盖对夏玉米生长过程及水分利用的影响[J].干旱地区农业研究,2002,20(4):55-57,66.
- [12] 刘跃平,刘太平.玉米整秸秆覆盖的集水增产作用[J].中国水土保持,2003,(4):32-33.
- [13] 丁玉川,玉树楼,王 筋.免耕整秸秆半覆盖盖对旱地玉米生长发育及产量的影响[J].玉米科学,1994,2(1):28-31.
- [14] 超久然,陈国平.我国地膜覆盖玉米栽培的现状与展望[J].北京农业科学,1989,(1):10-15.
- [15] 全国农业技术推广服务中心.小麦全生育期地膜覆盖栽培技术[M].北京:中国农业出版社,1998.
- [16] 梁亚超.玉米地膜覆盖高产理论的研究[J].耕作与栽培,1990,(3):19-20.
- [17] 宋治世.玉米地膜覆盖栽培产量高效益好[J].耕作与栽培,1987,(3):21.
- [18] 方继友.冷凉旱地春玉米覆膜生态指标和吨粮产量栽培技术研究[J].玉米科学,1997,5(1):56-58.
- [19] 胡振琪,Chong,S K.深耕对复垦土壤物理特性改良的研究[J].土壤通报,1999,30(6):248-250.
- [20] 宋凤斌,阎璇玲,徐 辰,等.玉米抗旱应变措施的研究[J].吉林农业大学学报,1997,19(1):37-42.
- [21] 宋凤斌,戴俊英,阎璇玲.MOC抗旱性对干旱下玉米耐旱性及产量影响[J].农业与技术,1995,(1):32-35.
- [22] 常克勤,杜燕萍.Rc型保水剂和保水抗旱型种衣剂在旱地玉米上的应用效果[J].甘肃农业科技,2002,(6):26-27.
- [23] 李伟民.土壤保水剂在玉米上的应用效果[J].甘肃科技纵横,2002,31(4):33-34.
- [24] 黄占斌,万会娥.保水剂在改良土壤和作物抗旱节水中的效应[J].土壤侵蚀与水土保持学报,1999,5(4):52-55.
- [25] 张 烈,沈秀瑛,孙彩霞.脯氨酸对玉米抗旱性影响的研究[J].华北农学报,1999,14(1):38-41.
- [26] 关义新,戴俊英,徐世昌,等.土壤干旱下喷施乙醇胺对玉米生理特性及产量的影响[J].作物学报,1995,21(4):424-428.
- [27] 李关荣,王 康.胆碱乙醇胺对稻苗生长的影响及生理机制[J].西南农业大学学报,1990,12(1):61-64.