

作物根系分区 交替灌溉和调亏灌溉 的理论与实践

康绍忠 蔡焕杰 主编



中国农业出版社

水利部水利技术开发基金项目	研究成果
国家自然科学基金资助项目	
国家“九五”科技攻关项目	
中华农业科教基金资助项目	
国家重大基础性研究项目	

作物根系分区交替灌溉和 调亏灌溉的理论与实践

康绍忠 蔡焕杰 主编

中国农业出版社

44318

图书在版编目 (CIP) 数据

作物根系分区交替灌溉和调亏灌溉的理论与实践/康
绍忠, 蔡焕杰主编. —北京: 中国农业出版社,
2001.11

ISBN 7-109-07275-4

I. 作... II. ①康...②蔡... III. 作物-灌溉管理-
研究 IV. S274.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 077110 号

责任编辑 赵立山 彭明喜

北京科技印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行
2002 年 1 月第 1 版 2002 年 1 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 13.75

字数: 303 千字 印数: 1~1 000 册

定价: 35.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

撰 稿 人 员

主 编	康绍忠	蔡焕杰			
第一章	康绍忠	张建华	梁宗锁	蔡焕杰	胡笑涛
第二章	梁宗锁	康绍忠	潘英华	张建华	
第三章	史文娟	康绍忠	胡笑涛	张富仓	张建华
第四章	康绍忠	张富仓	胡笑涛	李志军	曹红霞
第五章	张富仓	胡笑涛	康绍忠	曹红霞	李志军
第六章	潘英华	康绍忠	梁宗锁	石培泽	杨秀英
第七章	石培泽	杨秀英	康绍忠	潘英华	梁宗锁
第八章	康绍忠	胡笑涛	张富仓	龚道之	彼得·杰里
第九章	康绍忠	胡笑涛	曹红霞	龚道之	彼得·杰里
第十章	康绍忠	蔡焕杰	王密侠	胡笑涛	史文娟
第十一章	王密侠	蔡焕杰	康绍忠	张喜英	柴红敏
第十二章	张喜英	王密侠	蔡焕杰	裴 冬	郝 江
第十三章	王密侠	康绍忠	蔡焕杰	张振华	胡笑涛 王 健
第十四章	蔡焕杰	王密侠	史文娟	张振华	柴红敏 张喜英
第十五章	王密侠	蔡焕杰	张喜英	康绍忠	郝 江

前 言

控制性作物根系分区交替灌溉 (Controlled Roots - Divided Alternate Irrigation, CRDI) 是西北农林科技大学的科技人员提出的一种新的节水技术, 其基本概念与传统概念不同。传统的灌水方法, 追求田间作物根系活动层的充分和均匀湿润, CRDI 则强调在土壤垂直剖面或水平面的某个区域保持干燥, 而仅让一部分区域灌水湿润, 交替控制部分根系区域干燥、部分根系区域湿润, 以利于交替使不同区域的根系经受一定程度的水分胁迫锻炼, 刺激根系吸收补偿功能, 及作物部分根系处于水分胁迫时产生的根源信号脱落酸 (Abscisic acid, ABA) 传输至地上部叶片, 以调节气孔保持最适开度, 达到以不牺牲作物光合产物积累而大量减少其奢侈的蒸腾耗水而节水的目的。同时还可减少再次灌水间隙期间裸间土壤湿润面积, 减少裸间蒸发损失; 因湿润区向干燥区的侧向水分运动而减小深层渗漏。控制性作物根系分区交替灌溉在田间可通过水平和垂直方向交替给局部根区供水来实现, 主要适于果树和宽行作物及蔬菜等条件。

调亏灌溉 (Regulated Deficit Irrigation, 即 RDI) 是国际上 20 世纪 70 年代中后期以来出现的一种新的节水灌溉技术, 其基本思想就是基于作物的生理生化作用受到遗传特性或生长激素的影响, 在作物生长发育的某些阶段主动的施加一定的水分胁迫 (即人为地让作物经受适度的缺水锻炼), 从而影响其光合产物向不同组织器官的分配, 达到提高其经济产量而舍弃营养器官的生长量及有机合成物的总量, 同时因营养生长减少还可提高作物种植密度, 提高总产量, 减少棉花、果树等作物的剪枝工作量, 改善产品品质。国际上有关调亏灌溉的研究主要是针对果树和番茄等蔬菜作物, 对大田作物的研究较少。

针对上述两种节水新技术, 我们从 20 世纪 90 年代中期开始进行了系统的室内与田间试验及理论分析研究和在大田示范推广工作。我们在该领域的研究先后获水利部水利技术开发基金项目“控制性作物分根交替灌溉技术的研究”, 国家自然科学基金项目“干旱缺水条件下作物调亏灌溉机理与指标的研究”(59679025), 国家自然科学基金项目“作物根系分区交替供水的节水效应与最佳供水模式研究”(398), 国家“九五”科技攻关项目子专题“作物调亏灌溉技术研究示范”(96-02-06-03-03), 中华农业科教人才基金项目“田间作物隔沟交替灌溉技术研究”, 高等学校博士点基金项目“作物根系分区交替灌溉的节水机理与最佳供水模式研究”, 国家重大基础性研究项目子专题“作物根系分区交替灌溉节水技术的生理机制与供水模式”(G1999011708), 杨凌农业高新技术产业示范区科技专项“西北旱区作物分根交替灌溉新技术的研究”等资助 10 余项。先后在教育旱区农业水土工程重点实验室和西北农林科技大学节水灌溉试验站、甘肃河西民勤干旱沙漠绿洲区、山西洪洞霍泉灌区、新疆沙湾和石河子、陕西长武等地进行了多年的试验观测研

究, 积累了长系列的试验研究资料, 探索了控制性作物根系分区交替灌溉和调亏灌溉技术的节水增产机理, 总结出了一套适合不同地区条件采用的作物根系分区交替灌溉和调亏灌溉综合技术模式, 并对此技术模式进行了大面积的示范推广, 取得了明显的节水增产效果。

上述研究成果丰富与发展了节水灌溉理论, 对推动节水灌溉的研究将会产生重要的作用。在控制性作物根系分区交替灌溉研究方面, 在综合吸收灌溉科学、植物生理学、土壤物理学等多学科研究成果的基础上, 创造性地把作物根信号传递与叶气孔调节和作物根区局部干燥时根系微生态系统中水分有效性、水分传导、根液流变化和根系吸收补偿效应有机地结合在一起进行考虑, 了解其相互作用及共同对作物水分利用效率的作用机理与相对重要性, 是对作物根信号传递与叶气孔调节理论的重要发展; 本研究还在过去单纯的考虑根信号传递刺激气孔最优响应的基础上, 力求利用作物根区局部干燥形式有效刺激根系微生态系统的补偿功能和根源信号传递与气孔最优调节两个方面, 寻求出更为有效的节水调控方式, 达到以不牺牲作物光合产物和产量而大量节水的目的。这将会更全面、系统的从理论上和深层次上揭示作物高效利用水分的机制, 促进农田灌溉科学的创新与发展, 这有利于从传统的均匀灌水方式或仅从时间上考虑有限水量最优分配的灌溉水管理方式中走出来, 更多的从根系区域的水分空间调控方面进行研究, 达到节水增效、提高水分生产效率的目的, 以开拓旱区农业节水的新途径。因此, 这是多学科相关领域交叉渗透后产生的新的生长点, 具有较大的创新性。国际著名农业水管理专家、《Agricultural Water Management》杂志主编 B.E.Clothier 教授评价该项成果时认为是“有直接的应用目标, 是十分有意义和富有开创性的研究”。在调亏灌溉研究方面摸清了不同阶段调亏对作物生长发育和生理影响的机制, 有助于从理论上认识作物不同阶段水分胁迫对水分散失、光合作用及其产物分配与向经济产量转化效率影响的动态过程, 确定调亏灌溉条件下作物群体光合产物的最优分配策略; 探索不同阶段经历不同程度的亏水后重新复水对生长和产量的补偿效应; 在认识作物节水生理机制的基础上, 最充分的利用作物自身的生理生化特性, 以便在作物生长的某阶段有意识地对其进行亏水处理, 使其经受适度的水分胁迫, 利用作物自身的调节和补偿功能最终达到节水增产的目的, 此方面的系统研究成果填补了国内外有关大田作物调亏灌溉研究的空白。

参加该项研究的有: 康绍忠、蔡焕杰、王密侠、张建华、梁宗锁、张喜英、潘英华、胡笑涛、张富仓、李志军、曹红霞、裴东、史文娟、彼得·杰里、石培泽、杨秀英、郝江、王健、张振华、柴红敏等, 由康绍忠、蔡焕杰负责主持。该书由康绍忠、蔡焕杰主编, 王密侠、潘英华协助主编作了部分统稿工作。在此, 感谢水利部水利技术开发基金、国家自然科学基金、中华农业科教人才基金等对我们研究工作的支持。感谢西北农林科技大学旱区农业水土工程教育部重点实验室、甘肃民勤县小坝口灌溉试验站、山西洪洞县霍家灌区灌溉试验站、中国科学院长武农业生态试验站等单位对此项研究工作的支持。

由于研究者水平、时间和研究经费所限, 所提交的成果仅仅是作物根系分区交替灌溉与调亏灌溉的理论与实践研究领域中的某几个方面, 对有些问题的认识和研究还有待于更进一步深化, 错误和不足之处亦必颇多, 恳请同行专家指教。

康绍忠

2000年12月16日

于中国杨凌农科城

目 录

前 言

第 一 篇

作物根系分区交替灌溉新技术的研究与开发

第一章 控制性作物根系分区交替灌溉的概念及其研究进展	3
1 引言	3
2 控制性作物根系分区交替灌溉的概念及其理论依据	4
2.1 控制性作物根系分区交替灌溉的概念	4
2.2 控制性作物根系分区交替灌溉的几种类型	4
2.3 控制性作物根系分区交替灌溉的理论依据	5
3 研究历史与现状	10
3.1 有关分根条件下营养物质方面的研究	10
3.2 有关分根条件下水分吸收方面的研究	11
3.3 有关土壤干燥条件下根源信号的研究	12
第二章 人工气候室盆栽玉米根系分区交替供水试验研究	14
1 分根交替渗透胁迫对玉米根系生长和蒸腾效率的影响	14
1.1 材料和方法	14
1.2 结果分析	15
1.2.1 分根渗透胁迫对叶水势和膜透性的影响	15
1.2.2 分根渗透胁迫对玉米根系生长的影响	16
1.2.3 分根渗透胁迫下光合速率、蒸腾速率和蒸腾效率的变化	16
2 CRDI 对作物水分利用的影响及其节水效应	17
2.1 材料与方法	17
2.1.1 材料培养	17
2.1.2 测定项目	18
2.2 结果分析	18
2.2.1 CRDI 对玉米根系生长和根冠比的影响	18
2.2.2 CRDI 对玉米叶片含水率及叶面积的影响	19

2.2.3 CRDI 对玉米株高和茎粗的影响	19
2.2.4 CRDI 对玉米光合、蒸腾、气孔阻力及蒸腾效率的影响	21
2.2.5 CRDI 对玉米生物量与水分利用效率的影响	23
3 结论与讨论	23
第三章 玉米垂直分根交替供水的节水机理及效应	26
1 材料和方法	26
1.1 试验处理与布置	26
1.2 测试指标	27
2 试验结果与分析	27
2.1 垂直 CRDI 对玉米地上部分的调控作用	27
2.1.1 垂直 CRDI 对玉米株高的影响	27
2.1.2 垂直 CRDI 对玉米叶面积的影响	28
2.2 垂直 CRDI 对玉米地下部分生长发育的调控作用	29
2.2.1 垂直 CRDI 对根长及根系密度的影响	29
2.2.2 垂直 CRDI 对根系活力的影响	30
2.2.3 垂直 CRDI 对玉米根系养分吸收的影响	31
2.3 垂直 CRDI 对地上、地下干物质分配及根冠比的影响	32
2.4 垂直 CRDI 对玉米叶片光合、蒸腾、气孔导度的影响	33
2.5 垂直 CRDI 与玉米的水分关系	35
2.5.1 叶片水势与膨压的关系	35
2.5.2 叶片水势与气孔导度的关系	35
2.6 不同处理玉米叶片脯氨酸含量及可溶性含糖量	36
2.6.1 不同处理的玉米叶片脯氨酸含量	36
2.6.2 不同处理的玉米可溶性含糖量	36
2.7 垂直 CRDI 对玉米干物质量及 WUE 的影响	37
3 结论与讨论	38
第四章 辣椒控制性根系分区交替滴灌的水分利用效率	39
1 材料和方法	40
2 结果分析	41
2.1 土壤含水率变化	41
2.2 根系生长和根冠比	42
2.3 叶片光合速率和气孔阻力	42
2.4 耗水量、生物量、产量和水分利用效率	43
3 结论与讨论	43
第五章 控制性根系分区交替灌溉对冬小麦水分与养分利用效应的试验研究	45
1 材料与方法	45
1.1 试验处理	45

1.2 测定项目	45
2 结果分析	46
2.1 CRDI 对冬小麦根系生长和根冠比的影响	46
2.2 CRDI 对冬小麦根系密度的影响	46
2.3 CRDI 对冬小麦生物量与水分利用效率的影响	46
2.4 CRDI 对土壤中 NH_4^+ -N 离子浓度的影响	47
2.5 不同灌水方式对土壤中 NO_3^- -N 离子浓度的影响	49
2.6 不同灌水方式对土壤中 H_2PO_4^- 离子浓度的影响	50
3 结论	51
第六章 干旱区大田玉米控制性隔沟交替灌溉效应的试验研究	52
1 材料和方法	52
1.1 试验区概况	52
1.2 实验设计方案	53
1.3 农业技术措施	53
1.4 观测内容与方法	55
1.5 土壤水分运动参数的测定	56
1.5.1 土壤水分特征曲线的测定	56
1.5.2 非饱和土壤水扩散率 $D(\theta)$ 的测定	57
1.5.3 土壤非饱和导水率 $K(\theta)$ 的确定	57
1.6 试验区土壤水分入渗性能的室内测定与分析	57
2 隔沟交替灌溉效应试验结果的分析与讨论	60
2.1 地膜玉米全生育期内土壤水分变化特征	60
2.1.1 地膜玉米全生育期内土壤水分变化过程	60
2.1.2 灌水前后灌水沟中土壤水分变化过程	61
2.2 不同灌水方式条件下沟中水流的入渗规律	62
2.2.1 不同灌水方式条件下沟中水流入渗的差异	62
2.2.2 沟中灌溉水流入渗方程	68
2.2.3 用水量平衡方法确定沟中水流入渗方程参数	68
2.3 不同灌水方式条件下沟中水流推进与消退过程的比较	70
2.3.1 不同灌水方式的水流推进过程比较	70
2.3.2 各次灌水水流消退过程比较	72
2.4 不同灌水方式的灌水均匀度比较	73
2.5 不同灌水方式和灌水量对玉米 P_n 、 T_r 和叶片 WUE 的影响	74
2.5.1 灌水前后玉米 P_n 、 T_r 和叶片 WUE 的变化	74
2.5.2 三种灌水方式 P_n 、 T_r 和 WUE 随灌水后天数的变化	75
2.6 不同灌水方式和灌水量对玉米株高的影响	78
2.7 不同灌水方式和灌水量对玉米根密度、根冠比的影响	79
2.8 隔沟交替灌溉对玉米产量及生物量的影响	79

3 结论.....	81
第七章 干旱区大田隔沟交替灌溉玉米需水量与灌溉制度研究及其推广	82
1 大田隔沟交替灌溉玉米的需水规律	82
1.1 大田隔沟交替灌溉玉米的需水量	82
1.2 大田隔沟交替灌溉玉米产量和水分利用效率与耗水量的关系	84
1.2.1 常规沟灌玉米产量和水分利用效率与耗水量的关系	85
1.2.2 控制性交替隔沟灌溉玉米产量和水分利用效率与耗水量的关系	85
2 干旱区不同灌溉方式的大田玉米节水高效灌溉制度研究	86
2.1 不同灌溉方式条件下大田玉米产量与灌水量关系	86
2.2 不同灌溉方式条件下大田玉米的节水高效灌溉制度	87
3 干旱区大田玉米隔沟交替灌溉技术的示范与推广	87
3.1 大田玉米隔沟交替灌溉技术的经济评价及大田应用的可行性	87
3.2 干旱区大田玉米隔沟交替灌溉技术示范推广的主要内容	89
3.3 大田玉米隔沟交替灌溉技术推广的主要措施	89
3.4 干旱区玉米节水灌溉技术示范推广的主要效果	89
第八章 果园梨树根系分区交替灌溉对根与茎液流及水分平衡的影响	91
1 引言.....	91
2 材料和方法	92
3 结果与分析	94
3.1 土壤水分特征	94
3.2 水分吸收和耗水量	95
3.3 根液流	97
3.4 茎液流	99
3.5 根区水量平衡	102
4 结论	104
第九章 果园梨树根系分区交替灌溉对产量和水分利用效率的影响	105
1 材料和方法.....	105
2 结果分析	106
2.1 土壤水分分布和根区土壤水分变化	106
2.2 根区不同部分的水分吸收和水分消耗	109
2.3 水果产量与尺寸及水分利用效率 (WUE)	111
3 结论与讨论.....	112
参考文献	114

第 二 篇

大田作物调亏灌溉节水技术的理论与实践

第十章 大田作物调亏灌溉技术的研究状况与前景展望	123
1 调亏灌溉技术的概念及其研究意义	123
2 国内外研究动态与发展前景	125
2.1 研究动态及已有成果分析	125
2.2 调亏灌溉技术研究中存在的主要问题	127
2.3 调亏灌溉需要进一步研究的问题与发展前景	128
3 大田作物调亏灌溉研究的主要内容	129
3.1 大田作物调亏灌溉的可行性研究	129
3.2 大田作物调亏灌溉指标体系研究	129
3.3 大田作物调亏灌溉制度研究	129
3.4 大田作物调亏灌溉综合实施技术研究	129
3.5 调亏灌溉技术的推广	130
第十一章 调亏灌溉技术研究试验方案	131
1 试验基地概况	131
1.1 西北农林科技大学节水灌溉试验站	131
1.2 山西省洪洞县霍泉灌区李堡试验区	131
1.3 中国科学院长武农业生态试验站	131
1.4 中国科学院栾城农业生态试验站	131
1.5 新疆乌兰乌苏农业气象试验站	132
2 试验布置与设计	132
2.1 室内培养液与沙培模拟调亏实验	132
2.2 筒栽及盆栽实验	133
2.3 测坑实验	133
2.4 大田实验	134
3 观测项目	134
4 试验研究方案与技术路线	135
第十二章 冬小麦调亏灌溉的节水机理及其综合技术的研究与开发	136
1 不同生育阶段调亏对冬小麦产量的效应	136
1.1 冬小麦产量和生育期蒸发蒸腾量与水分利用效率关系的分析	136
1.2 不同时期水分亏缺对冬小麦产量的影响	138
1.3 分阶段的冬小麦水分生产函数	139
2 冬小麦调亏的适宜土壤水分下限指标分析	141

2.1 冬小麦生理过程对土壤水分亏缺的反映	141
2.1.1 叶水势对土壤水分变化的反应	141
2.1.2 气孔阻力和光合速率对土壤水分变化的反应	142
3 冬小麦优化调亏灌溉制度设计	143
3.1 不同调亏灌溉制度的冬小麦产量与水分利用效率	143
3.2 有限供水条件下提高灌溉水利用效率的供水模式分析	144
3.3 冬小麦经济灌溉定额和有限水的优化分配	147
4 冬小麦调亏灌溉综合配套技术	149
4.1 秸秆覆盖减少农田无效耗水	149
4.2 利用根系调控提高土壤水分利用效率	150
第十三章 玉米调亏灌溉节水机理及适宜供水模式的研究	152
1 玉米不同调亏程度效应的溶液培养模拟试验研究	152
1.1 模拟条件对玉米根系生长特性的影响	152
1.2 模拟条件下玉米调亏时间的确定	153
1.3 模拟条件下玉米不同调亏处理对根系生长的效应	153
1.4 模拟条件下不同调亏处理对叶片蒸腾、光合和水分利用效率的效应	154
1.5 模拟调亏试验的几点结论	154
2 大田不同调亏处理对玉米生理生态指标影响的试验研究	155
2.1 不同调亏处理对玉米叶片光合速率的影响	155
2.2 调亏灌溉对玉米叶片气孔阻力、蒸腾速率及冠层温度的影响	156
2.3 调亏灌溉对玉米生长及干物质形成的影响	159
2.4 调亏灌溉对玉米生长的后效性影响分析	161
3 玉米调亏对产量与水分利用的影响及最佳调亏方案分析	162
3.1 玉米不同时期与不同水平调亏的耗水量及产量效应	162
3.2 调亏灌溉对玉米产量性状的影响分析	164
3.3 调亏灌溉对玉米籽粒品质影响的分析	165
3.4 玉米最佳调亏时期与调亏水平的分析	165
3.5 调亏灌溉条件下玉米需水量的计算	166
3.6 调亏灌溉条件下的玉米灌溉制度	167
4 覆膜条件下大田玉米调亏灌溉试验研究	168
4.1 试验研究方法	168
4.2 不同调亏处理对覆膜玉米生长和产量的影响	169
4.3 调亏灌溉条件下覆膜玉米产量和水分利用效率与耗水量的关系	171
5 玉米调亏灌溉试验的几点结论	172
第十四章 棉花调亏灌溉试验研究	173
1 盆栽棉花调亏灌溉试验研究	173

1.1 材料与amp;方法	173
1.2 调亏灌溉对棉花生长发育及根冠比的影响	174
1.2.1 调亏灌溉对棉花根系生长的调控作用	174
1.2.2 调亏灌溉对棉花株高的影响	175
1.2.3 调亏灌溉对棉花叶面积的影响	175
1.2.4 调亏灌溉对棉花根冠比的调控作用	177
1.3 不同亏水处理棉花叶片光合速率、蒸腾速率及气孔导度的变化	177
1.3.1 不同亏水处理叶片光合速率和蒸腾速率的变化	177
1.3.2 调亏灌溉对叶片气孔的调节作用	179
1.4 调亏处理对棉花光合产物积累和分配的影响	179
1.5 调亏灌溉对棉花产量形成的影响	180
1.6 调亏灌溉对棉花叶片相对含水量的影响	181
1.7 棉花调亏灌溉的节水效应	181
2 覆膜条件下棉花调亏灌溉指标与灌溉制度研究	183
2.1 试验研究方法	183
2.2 棉花植株不同部位生长状况的关系分析	183
2.2.1 根干重与冠干重的关系	183
2.2.2 叶干重与冠干重的关系	184
2.2.3 茎叶干重与铃干重的关系	184
2.2.4 株高随时间的变化过程	184
2.3 不同生育阶段土壤水分对棉花光合与生长的影响	185
2.3.1 土壤水分对光合速率的影响	185
2.3.2 不同土壤水分条件下的棉花生长状况	185
2.4 不同调亏处理的棉花生长及产量的比较	186
2.5 作物产量及水分利用效率与耗水量的关系	189
3 山西霍泉和河北栾城棉花调亏灌溉制度研究	191
3.1 不同生育时期调亏对棉花生长发育的影响	191
3.2 不同生育时期亏水对棉花产量的影响	191
3.3 土壤水分亏缺对棉花生理过程的影响	192
4 棉花调亏灌溉的几点结论	193
第十五章 大田作物调亏灌溉技术推广与应用效益分析	195
1 作物调亏灌溉指标的确定	195
1.1 作物适当阶段适度缺水的有益效应	195
1.2 调亏灌溉的时间	197
1.3 调亏灌溉的亏水度	198
2 大田作物调亏灌溉技术体系与操作方案	198
2.1 大田冬小麦调亏灌溉技术体系与操作方案	199
2.2 大田玉米调亏灌溉技术体系与操作方案	199

2.3 大田棉花调亏灌溉技术体系与操作方案	200
3 大田作物调亏灌溉技术体系的示范应用与效益	201
3.1 山西洪洞县李堡试验示范区的应用效益分析	201
3.2 河北栾城试验示范区的应用效益分析	202
3.3 甘肃民勤试验示范区的应用效益分析	202
3.4 示范推广中的存在问题	203
参考文献	204

第一篇

作物根系分区交替灌溉

新技术的研究与开发

第一章 控制性作物根系分区交替灌溉的概念及其研究进展

1 引言

中国北方地区水资源供需矛盾十分尖锐,北方的15个省(自治区),耕地和人口分别占全国的45%和38%,而水资源仅占全国水资源总量的9.7%。水资源短缺已严重影响了北方地区工农业生产的发展,并引发了许多生态环境问题。但另一方面农业用水的浪费还相当严重,如灌溉用水的有效利用率仅40%左右。因此,发展节水农业是我国农业可持续发展和缓解水资源供需矛盾的根本措施。其中如何提高作物水分利用效率与田间水利用率是我国旱区农业可持续发展中迫切需要解决的关键问题。近年来,国内外提出了许多新的概念与方法,如限水灌溉(Limited irrigation)、非充分灌溉(No-full irrigation)、局部灌溉(Localized irrigation)与调亏灌溉(Regulated deficit irrigation)等等^[1~4]。这些概念的提出及其方法的实施,对由传统的丰水高产型灌溉转向节水优产型灌溉,提高水的利用效率,起到了积极的作用并产生了显著的效益。但是,这些方法仍然仅考虑了在作物生长不同时间段的调亏或水量优化分配,没有考虑利用作物根系功能和改变根区剖面土壤湿润方式对提高作物水分利用效率及节水的作用。要提高作物水分利用效率,这不仅需要我们对土壤控制水进入作物根区的物理过程有深入的了解,而且还需要对控制贮存在土壤中的水被根系吸收的生理过程的深入理解,需要把根系的动态性质、补偿功能和土壤环境的相互作用联系起来,以此为基础发展更为有效的灌水和施肥管理策略。

实践已经证明:根系能选择性地从局部的水分有效区域吸水,而且其吸水的速率大大超过全部根区湿润时的速率,根系吸水存在明显的补偿效应^[5,6];作物根区均匀和充分湿润时,其叶气孔开度较大,以致于其单位水分消耗所产生的 CO_2 同化物(即水分利用效率)较低;作物叶片的光合与蒸腾作用对气孔的反应不同,光合速率在一定范围内随气孔开度增大而增加,但当气孔开度达到某一值时光合速率不再明显增加,即达到饱和状态,而蒸腾耗水则随气孔开度增大而线性增加,由充分供水到一定程度限制根区水供应,即使作物叶片气孔开度出现一定程度的变小,其光合速率不会下降或下降幅度较小,而作物奢侈的(Luxury)蒸腾耗水可大量减少,达到以不牺牲作物光合产物和产量而大量节省水量的目的;根区土壤干燥时根源ABA(脱落酸)可以作为一种作物水分胁迫的信号,它的强度随干旱的加剧而增加,它能帮助作物检测土壤中的有效水量,且据此调节其气孔开度