

限量灌溉下冬小麦水分利用效率模拟*

成林^{1,2} 李树岩^{1,2} 刘荣花^{1,2**} 王信理³

(¹ 河南省气象科学研究所, 郑州 450003; ² 中国气象局农业气象保障与应用技术重点开放实验室, 郑州 450003;

³ 密歇根理工大学技术学院, 霍敦 CO49931)

摘要 用参数调试后的 DSSAT-CERES Wheat 模型, 以郑州地区冬小麦全生育期降水偏缺的 2003—2004 年逐日气象资料为背景数据, 在分析作物阶段缺水量的基础上, 限定灌溉量 100 mm 以内, 分不灌水、灌一水、二水、三水处理, 着重模拟研究限量灌溉对冬小麦水分利用的影响, 并引入田间水分管理反映指标(WMRIs)为优化灌溉方案设计提供综合评价参考。结果表明: 限量灌溉可在一定程度上缓解水分胁迫, 促进增产并提高水分利用效率; 各种处理均较不灌水明显增产, 增产率为 13.1%~73.3%; 小麦对水分的吸收利用总体表现为灌二水优于灌三水优于灌一水; 水分利用效率越冬水+灌浆水最高, 灌溉水利用效率拔节水最高, 拔节期是限量灌溉的最佳时期。

关键词 冬小麦; 限量灌溉; 水分利用效率; 水分管理反映指标

中图分类号 S423 文献标识码 A 文章编号 1000-4890(2009)10-2147-06

Water use efficiency of winter wheat under limited irrigation: A simulation study. CHENG Lin^{1,2}, LI Shu-yan^{1,2}, LIU Rong-hua^{1,2}, WANG Xin-li³(¹Henan Institute of Meteorological Science, Zhengzhou 450003, China; ²Key Laboratory of Agrometeorological Safeguard and Applied Technique, China Meteorological Administration, Zhengzhou 450003, China; ³School of Technology, Michigan Technological University, Houghton, CO 49931, USA). *Chinese Journal of Ecology* 2009 28(10) 2147-2152.

Abstract: Based on the daily meteorological data of Zhengzhou in 2003-2004 when the precipitation in winter wheat growth season was of somewhat shortage, the water deficit at different growth stages of winter wheat was analyzed, and the effects of limited irrigation on the water use efficiency(WUE) of winter wheat were studied with the DSSAT-CERES Wheat model after parameter calibration. Four treatments were designed, *i. e.*, no irrigation, irrigation once, twice, and three times with limited(100 mm) water, and water management response indicators(WMRIs) were introduced as an integrative evaluation reference for the design of optimal irrigation schemes. Limited irrigation alleviated water stress to some extent, and promoted the grain yield and WUE. Comparing with no irrigation, limited irrigation increased the grain yield by 13.1%-73.3%. Irrigation twice showed the best effect in promoting the water absorption and utilization by winter wheat, followed by irrigation three times, and irrigation once. The WUE was the highest when watering at wintering and grain-filling stages, while the utilization efficiency of irrigation water reached the highest when watering at elongation stage. Therefore, elongation stage was the best phase to actualize limited irrigation.

Key words: winter wheat; limited irrigation; water use efficiency; water management response indicators(WMRIs).

麦田灌溉是农业用水的主要方面, 在水资源短缺越来越严重的形势下, 实施非充分灌溉将是势所

必然(许振柱和于振文, 2003), 而在非充分灌溉技术体系中, 作物的水分利用与消耗过程、生长发育过程以及产量形成过程都会发生较大的变化(张寄阳等, 2005; 党益春等, 2008; 邢倩等, 2008)。近年来, 保证农作物相当产量的限额灌水技术在中国干旱半干旱地区已经有一些研究报道(邓西平和山仑, 1995;

* 国家自然科学基金项目(40875071)、国家科技部农转基金项目(2008GB24160440和2006GB24160426)和中国气象局气候变化专项资助项目(CCSF-09-14)。

** 通讯作者 E-mail: liurongh@126.com

收稿日期: 2008-12-15 接受日期: 2009-04-18

夏国军等 2001 ;孔祥旋等 2005)。农业系统是一个包含非生物和生物因素之间大量相互作用的复杂系统(陈欣等,1997 ;冯佰利等,2005),随着作物模拟技术的迅速发展,作物模拟技术作为一种系统分析方法,在帮助理解农业系统和天气、气候因子的相互作用方面起了很大作用(刘布春等,2002)。水分限制下的作物模型中,土壤水分动态子模型能较好地预测农田土壤水分状况的变化,作物生长子模型能定量描述作物生长发育状况、干物质积累与分配及产量和品质形成过程,较好地体现作物对水分的不适反应(曹卫星和罗卫红,2003)。因此,水分限制下的作物模拟模型能为水分管理决策提供丰富的信息,将作物模拟模型与水分利用决策相结合,可为农田水分优化灌溉管理开辟新的途径。

模型的模拟能力是区域应用的基础和根本。农业技术转移决策支持系统 DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer)是世界五大作物模拟系统之一,具有鲜明的应用特色(曹永华,1991 ; Jones *et al.* 2003)。系统支持下的 CERES Wheat 模型,将土壤水分运动规律和作物耗水规律二者相结合,全面涉及了作物-水分关系的生物学基础、各种气象因素、土壤因素等方面,并与系统的其他部分相结合,形成了一个比较完善的冬小麦水分管理体系。本文在利用田间观测资料对 DSSAT-CERES Wheat 模型进行适用性验证的基础上,以郑州为试验点开展限量灌溉模拟试验,利用作物模拟技术的田间管理功能,对不同生育期进行限量灌溉模拟并对冬小麦水分利用状况进行评述分析,以期为有限水资源高效利用提供依据。

1 材料与方法

1.1 基础数据

在作物模型中运行一个作物文件所需的最小数据集包括:1)站点基本信息。经度、纬度、海拔高度、气候类型等;2)气象资料。逐日最低气温、逐日最高气温、逐日降水量和逐日太阳辐射等;3)土壤资料。主要为农田坡度、土壤质地、土壤容重等多项指标;4)作物品种特性参数,即遗传参数。用来描述不同作物品种的基因遗传特性及其发育性状和产量性状。

在河南省 30 个农业气象基本观测站中选择作物资料完整的代表站点(郑州、太康、卢氏、固始、三门峡等 17 个),将其近 30 年来冬小麦生长季内的逐

日气象观测数据转化为模型可识别的格式,其中的太阳辐射资料参考 FAO 推荐的计算潜在蒸散量的公式推算;小麦种植区的主要土壤参数参考《河南土壤地理》(魏克循,1995);作物品种参数以农业气象基本观测站冬小麦观测资料为基础,选取全省推广面积最大的 5 个冬小麦品种,采用“试错法”不断进行遗传参数调试,最终确立冬小麦品种参数库。

1.2 模型验证

为检验 DSSAT-CERES Wheat 在河南省的适用情况,对模型的模拟能力进行大尺度空间和长时间序列的验证。图 1 为郑州地区 20 余年间冬小麦产量模拟值与观测值对比,图 2 和图 3 分别为河南省代表站点 1998—2002 年度冬小麦发育期与产量模拟值、观测值比较,可以看出,DSSAT-CERES Wheat 经过参数校正以后,对冬小麦产量和发育期模拟结果较为理想,郑州地区 20 年产量年际变化与实际产量曲线基本相符,相关系数 $R^2 = 0.7859$,均方根误差 $RMSE = 338.667 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。不同地域不同土壤条件下,空间尺度上的模拟效果也较为满意,说明 CERES Wheat 模型对于河南省冬小麦模拟试验是适用的。

1.3 冬小麦阶段缺水

为使灌溉水更合理地分配在冬小麦缺水期,选取郑州地区小麦全生育期内降水偏缺的 2003—2004 年(有效降水仅有 131.9 mm,多年平均值 211.2 mm)气象资料为背景数据。冬小麦缺水量等于小麦需水量减去降水量。以 10 d 为阶段步长进行累加,可得知小麦在不同阶段的缺水状况(图 4)。2003—2004 冬小麦全生育期缺水积累量为 242.9 mm,返青前(播种后 114 d 左右以前)水分需求量一

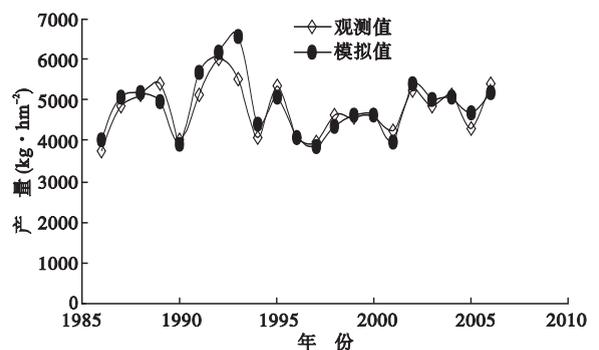


图 1 郑州地区 1986—2006 年冬小麦产量模拟值与观测值对比

Fig. 1 Comparison of simulated and measured yield at Zhengzhou from 1986 to 2006

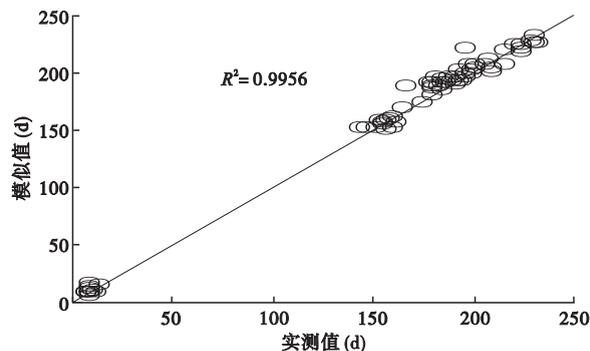


图2 冬小麦发育阶段模拟值与观测值比较
Fig.2 Comparison of simulated and observed developmental phases of winter wheat

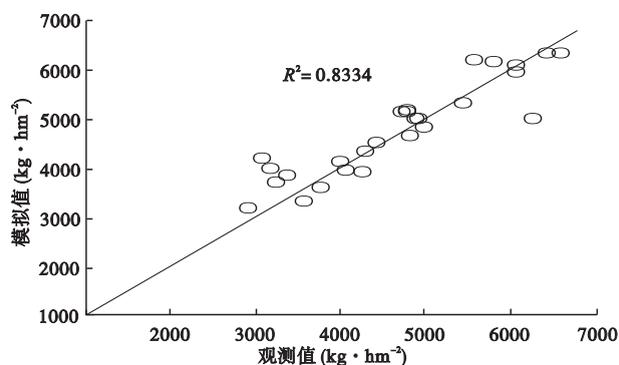


图3 代表站小麦产量模拟值与观测值比较
Fig.3 Comparison of simulated and observed yields of winter wheat at representative station

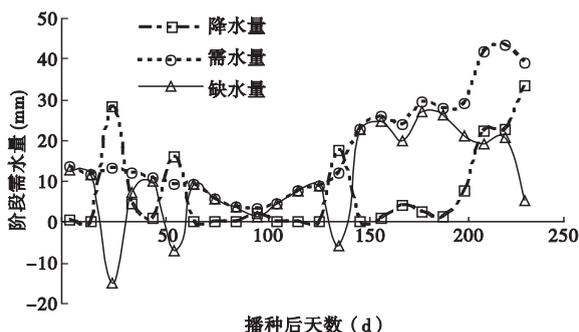


图4 2003—2004 冬小麦阶段缺水动态变化
Fig.4 Variation for phased water deficit of winter wheat during 2003 and 2004

直不大,但因降水波动,缺水量呈现反向变化。返青后到成熟前由于降水持续偏少,缺水量先后出现3个约30 mm的峰值:播种后154 d(3月20日,正值小麦拔节孕穗期)、播种后186 d(4月22日,灌浆始期)、212 d(5月19日,灌浆乳熟期)。

1.4 限量灌溉模拟试验设计

试验设计限定灌溉量为0~100 mm,在统一灌

底墒水45 mm基础上,按不灌水、灌一水、二水和三水4组处理进行模拟(表1)。根据实际试验发育期,越冬、拔节和灌浆处理对应的日期为1月5日、3月5日和4月20日为处理期,并分别在其前一天和后一天设为重复。播种日期为2003年10月17日,品种为豫麦18,播前0~80 cm土壤各层平均参数状况为有机质 $12.03 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,全氮 $0.70 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效磷 $13.79 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效钾 $118.70 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,土壤含水量26.16%,pH值7.5,土壤阳离子交换性能 $15.93 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。播种前施底肥尿素(纯氮 $80 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$),返青后追施尿素(纯氮 $40 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)。因DSSAT没有考虑磷肥在作物体内的吸收同化,因此不做磷肥处理。

表1设计了8种处理,灌溉时间基本均为冬小麦缺水的时期,但相同灌水量分配的时间不同,作物对水分的利用状况有很大差别。

2 结果与分析

2.1 限水灌溉不同处理土壤可利用水分

由模型输出的图5可见,冬小麦对土壤水具有较强的利用能力,各处理均出现了土壤可用水分=0的状况,说明即使灌溉冬小麦仍处于不同阶段的干旱缺水情形下。由于底墒水和小麦初始发育耗水量小,前期土壤中可利用水分含量较高(刘荣花等,2008),但随着小麦生长发育对水分需要量增加,可用水曲线迅速下滑直至灌水处理对应时期又重新出现峰值,除灌浆水处理以外其他处理至成熟末期土壤可提取水分均很低,有的甚至接近于0,表明限量灌溉可在一定程度上缓解水分胁迫又不会造成水资源浪费。

2.2 不同处理冬小麦累积蒸散量对比

蒸散量可在某种程度上反应作物的耗水状况(图6)。不同灌溉处理累积蒸散量曲线变化分明,

表1 灌水处理试验设计

Tab.1 Design of field experiment in group treatments

处理	代号	越冬水 (mm)	拔节水 (mm)	灌浆水 (mm)
不灌水	CK	0	0	0
一水(越冬)	1WO	60	0	0
一水(拔节)	1WJ	0	60	0
一水(灌浆)	1WG	0	0	60
二水(越冬+拔节)	2WOJ	50	50	0
二水(拔节+灌浆)	2WJG	0	50	50
二水(越冬+灌浆)	2WOG	50	0	50
三水	3W	30	30	40

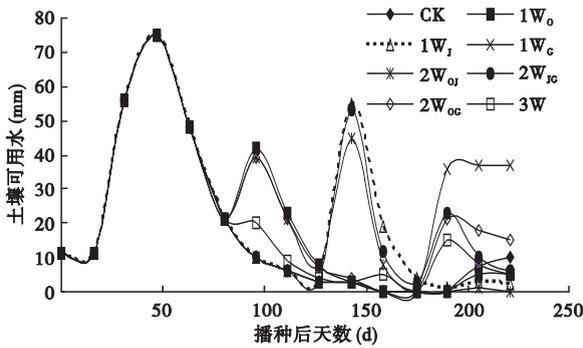


图 5 不同处理土壤可用水分比较

Fig. 5 Comparison of soil extractable water of different treatment

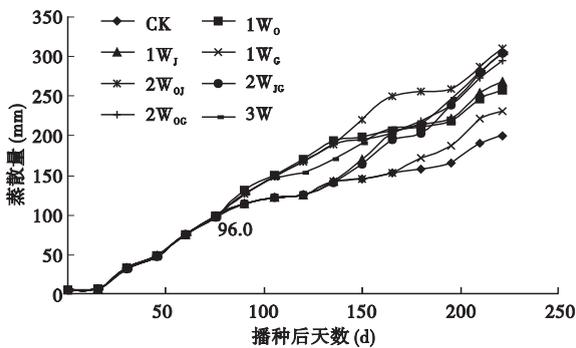


图 6 不同处理累积蒸散量对比

Fig. 6 Comparison of evapotranspiration for different treatment

其中越冬 + 拔节处理蒸散量最大 ; 一水处理中拔节期灌水蒸散最剧烈 , 越冬期灌水次之。灌溉总量为 100 mm 的各处理最终蒸散总量趋于一致 , 但随着灌溉时间不同 , 蒸散量峰值出现的日期存在差别。

2.3 不同处理水分利用效率评价

2.3.1 水分利用效率 作物的水分利用效率是指单位面积上通过消耗单位水量所获得的产量 , DS-SAT 中的土壤水分平衡单元可获得包括土壤水分变化在内的作物耗水信息 , 从而为评价水分状况提供便利。由表 2 可见 , 各种处理均较不灌水明显增产 , 增产率为 13.1% ~ 73.3% , 产量增加总体趋势为灌二水 > 灌三水 > 灌一水 > 不灌水 , 除越冬期灌水外 , 各处理的水分利用效率均高于不灌水处理 , 增幅为 3.8% ~ 17.3% , 水分平均利用效率灌二水 > 灌三水 > 灌一水。水分利用效率较高的是越冬 + 灌浆处理、拔节期处理以及越冬 + 拔节处理。60 mm 灌溉处理中拔节水利用效率最高 , 越冬水最低 , 因为拔节期冬小麦植株生长旺盛 , 是对水分需求的关键期 (邓国凯等 2000 ; 赵鸿等 2008) , 此时浇灌不仅能

表 2 限水灌溉下冬小麦水分利用效率

Tab. 2 Water use efficiency of limited irrigation for winter wheat

处理	水分利用效率 ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{mm}^{-1}$)		耗水量 (mm)		产量 ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)		灌溉水利用效率 ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{mm}^{-1}$)	
	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差
CK	13.03	0.00	213.86	0.00	2788.00	0.00	-	-
1W ₀	11.52	0.79	273.59	5.22	3153.00	279.24	6.08	2.65
1W _J	15.19	0.23	282.36	1.06	4288.00	49.81	25.00	0.83
1W _C	13.52	0.01	248.38	1.52	3358.00	17.96	9.50	0.30
2W _{0j}	15.13	0.35	318.14	4.56	4812.00	42.46	20.24	0.42
2W _{Jc}	14.92	0.02	323.91	3.65	4832.00	47.36	20.44	0.47
2W _{0c}	15.29	0.11	310.92	1.05	4753.00	17.15	19.65	0.17
3W	14.14	0.60	319.88	18.39	4524.00	449.89	17.36	4.50

缓解越冬以来长期的旱情 , 还可为小穗分化和后期成熟积累一定的水量 , 因此拔节水处理小麦耗水量也较大 ; 虽然冬小麦灌浆期需水量显著加大 , 但前期长时间干旱可能小麦一部分机理丧失或发育不完全 , 从而影响最终产量形成与水分利用效率。限定 100 mm 处理越冬水 + 灌浆水利用效率最高。

灌溉水利用效率定义为单位灌溉水量消耗所增加的经济产品数量 , 在节水灌溉的发展过程中这一数值具有重要的意义 , 是许多重要决策活动的基本依据之一。就模拟的结果来看 , 二水处理灌溉水利用效率普遍较高 , 而拔节期 60 mm 一水处理最高 , 更加体现出拔节期是限量灌溉的最佳时期。虽然单纯灌浆期处理没有产生较高的利用效率 , 但拔节与灌浆期配合浇灌却有极佳的效果。

2.3.2 田间水分管理反映指标 虽然水分利用效率是评价灌溉系统的一个很有用的概念 , 但它没有提供有关相对蒸腾速率和土壤水分储量导致渍水和盐化进而影响作物生产的过程。在此引入水分管理反映指标 (water management response indicators , WMRI) 的概念 (Singh & Singh , 1997 ; Singh , 2004) , 有助于评价农田 2 m 土体上的灌溉表现。

1) 相对蒸散。 $ET_{rel} = ET_{act} / ET_{pot}$, 灌溉工程学中的常用术语 , 利于评价根区土壤水分或盐分浓度变化对作物产生的有利或不利影响 ; ET_{act} 和 ET_{pot} 分别为实际蒸散与潜在蒸散。

2) 储水量变化。 $MSC = (\theta_{Z, Fin} - \theta_{Z, Beg}) / \theta_{Z, Beg}$, 体现作物生长季内进行灌溉是否会引起根区土壤水分上升或排出 , 水分平衡关系是否发生变化 , $\theta_{Z, Fin}$ 和 $\theta_{Z, Beg}$ 分别为收获和播种时 2 m 土深处的土壤水分含量。

表3 冬小麦限量灌溉不同处理水分管理反应指数
Tab.3 WMRI for wheat under different treatment of limited irrigation

处理	相对蒸散		储水量变化		蒸腾效率		蒸散效率	
	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差
CK	0.44	0.00	-0.28	0.00	0.52	0.00	1.21	0.00
1W ₀	0.56	0.01	-0.3	0.01	0.59	0.01	1.15	0.03
1W _J	0.58	0.03	-0.32	0.01	0.64	0.04	1.19	0.01
1W _C	0.51	0.00	-0.19	0.03	0.47	0.01	1.05	0.01
2W _{0J}	0.67	0.10	-0.33	0.02	0.65	0.01	1.17	0.02
2W _{JC}	0.66	0.10	-0.30	0.01	0.63	0.01	1.15	0.01
2W _{0C}	0.64	0.09	-0.26	0.01	0.59	0.01	1.12	0.01
3W	0.66	0.07	-0.31	0.02	0.60	0.05	1.18	0.05

3) 渗透指数。 $PI = (TI - ET_{act}) / TI$,主要用于估算生育期内总降水与总灌溉水中未被植物利用而以渗透形式损失掉的那部分, TI 是降水与灌水总量; 由于渗漏量很小, 此项可忽略不计。

4) 蒸腾效率。 $E_{eff} = E_s / TI$,反映额外灌水对蒸腾速率的改变, E_s 为作物蒸腾总量。

5) 蒸散效率。 $ET_{eff} = ET_{act} / TI$,可评估植物从外界获得的水分中多少被用于实际蒸散, 进而量化灌溉水分损失对根区水分存储量提高和对地下水水位上升的贡献。

实际大田生产期望相对蒸散量最小, 储水量变化接近于0, 蒸腾和蒸散效率较高的同时产量达到最大。从表3和表2结合来看, 灌一水的灌浆处理与灌二水的越冬+灌浆处理相对蒸散较小, 但最终产量并非最高, 而产量最高值也并不总是对应着相对蒸散的最大值; 同样地, 其他指标与最高产量之间、各指标之间也并不是完全配合出现。节水优化灌溉方案设计时则需根据不同目标, 参考多项指标, 综合分析不同水分条件下的作物表现。

3 讨论

分组模拟试验剔除了田间杂草、病虫害等干扰因素, 是一种十分理想的状态, 但能够单纯地体现出水分对冬小麦生产的影响。试验发现越冬水对冬小麦增产没有明显促进作用, 这与肖俊夫等(2006)的田间试验结论一致, 但相应处理的有效分蘖数较多, 是保证冬小麦安全越冬、来年增产的基础, 拔节期是限量灌溉的最佳时期; 少量多灌处理水分难以渗入深层根区且易蒸发损失, 在产量、水分利用等各方面都不是最优, 因此降水偏少年份不推荐这种灌溉方式。

近年来, 有不少学者研究表明, 适当时机、适度

的水分胁迫对作物生长发育有利(刘丹和陈祥伟, 2006)。水分对冬小麦产量的直接影响有两个关键时期: 在生育中期, 拔节期灌溉有良好的增产效果(吕丽华等, 2007), 如拔节处理或拔节+灌浆处理增产效果非常明显, 反之, 水分胁迫则造成的减产幅度最大; 在生育后期, 灌浆期水分亏缺直接导致粒重降低, 但在适当的水分胁迫下, 花前贮藏的物质对粒重的提高起重要的作用(王万里等, 1982), 干旱胁迫将降低灌浆持续期, 促进灌浆进程, 加快灌浆速率, 而作物体内物质运输速率没有降低, 可相应地提高水分的利用效率, 越冬+灌浆处理最为典型。可见, 限量灌溉形成的适度缺水在不影响小麦生长发育的情况下, 通过合理的水分亏缺提高了小麦的抗逆能力与水分利用效率。

限量灌溉下小麦最高产量、最高水分利用效率、最优水分管理反映指标并不是一一对应, 解决高产与水分高效利用的矛盾需结合作物发育特点与气候条件综合考虑, 通过维持较高产量, 兼顾水分利用效率、水分管理反映指标等真正实现灌溉优化。

参考文献

- 曹卫星, 罗卫红. 2003. 作物模拟系统及智能管理. 北京: 高等教育出版社.
- 曹永华. 1991. 美国 CERES 作物模拟模型及其应用. 世界农业, (9): 52-55.
- 陈欣, 章熙谷, 李萍萍. 1997. 持续农业的理论基础——农业生态系统原理. 生态学杂志, 16(3): 55-57.
- 党益春, 张建萍, 谭永飞, 等. 2008. 不同灌溉条件下棉叶螨的种群动态. 生态学杂志, 27(9): 1516-1519.
- 邓国凯, 张源沛, 王平武, 等. 2000. 集雨节灌对地膜春小麦的产量和水分利用效率的影响. 干旱地区农业研究, 18(1): 91-94.
- 邓西平, 山仑. 1995. 旱地春小麦对有限灌水高效利用的研究. 干旱地区农业研究, 13(3): 42-46.
- 冯佰利, 高小丽, 赵琳, 等. 2005. 干旱条件下小麦冠层温度及其性状的关联研究. 生态学杂志, 24(5): 508-512.
- 孔祥旋, 杨占平, 武继承, 等. 2005. 限量灌溉对冬小麦产量及水分利用的影响. 华北农学报, 20(5): 64-66.
- 刘丹, 陈祥伟. 2006. 水分胁迫对银中杨耗水特征与水分利用的影响. 生态学杂志, 25(3): 290-294.
- 刘布春, 王石立, 马玉平. 2002. 国外作物模型区域应用研究进展. 气象科技, 30(4): 193-206.
- 刘荣花, 方文松, 朱自玺, 等. 2008. 黄淮平原冬小麦底墒水分布规律. 生态学杂志, 27(12): 2105-2110.
- 吕丽华, 胡玉昆, 李雁鸣, 等. 2007. 灌水方式对不同小麦品种水分利用效率和产量的影响. 麦类作物学报, 27(1): 88-92.

- 王万里,章秀英,吴亚华,等. 1982. 灌浆-成熟期间土壤干旱对小麦籽粒充实和物质运转的影响. 植物生理学报, **8**(1):67-80.
- 魏克循. 1995. 河南土壤地理. 郑州:河南科学技术出版社.
- 夏国军,阎耀礼,程永明,等. 2001. 旱地冬小麦水分亏缺补偿效应研究. 干旱地区农业研究, **19**(1):79-82.
- 肖俊夫,刘战东,段爱旺,等. 2006. 不同灌水处理对冬小麦产量及水分利用效率的影响研究. 灌溉排水学报, **25**(2):20-23.
- 邢倩,谷艳芳,高志英,等. 2008. 氮、磷、钾营养对冬小麦光合作用及水分利用的影响. 生态学杂志, **27**(3):355-360.
- 许振柱,于振文. 2003. 限量灌溉对冬小麦水分利用的影响. 干旱地区农业研究, **21**(1):6-10.
- 张寄阳,孙景生,肖俊夫,等. 2005. 灌水控制下限对冬小麦产量及水分利用效率的影响. 中国农学通报, **21**(11):387-391.
- 赵鸿,何春雨,李凤民,等. 2008. 气候变暖对高寒阴湿地区春小麦生长发育和产量的影响. 生态学杂志, **27**(12):2111-2117.
- Jones JW, Hoogenboom G, Porter CH, et al. 2003. The DSSAT cropping system model. *European Journal of Agronomy*, **18**:235-265.
- Singh R. 2004. Simulations on direct and cyclic use of saline water for sustaining cotton-wheat in a semi-arid area of north-west India. *Agricultural Water Management*, **66**:153-162.
- Singh R, Singh J. 1997. Irrigation planning in wheat (*Triticum aestivum*) under deep water table conditions through simulation modeling. *Agricultural Water Management*, **33**:19-29.

作者简介 成林,女,1982年生,硕士研究生。主要从事农业气象研究。E-mail:rainwood2@163.com
责任编辑 李凤芹
