

不同灌水处理对强筋小麦新麦 19 产量及品质的影响

盛 坤,杨丽娟,蒋志凯,王映红,董 昀,赵宗武

(河南省新乡市农业科学院,河南 新乡 453000)

摘 要:在大田条件下研究了不同灌水处理对强筋小麦新麦 19 产量、干物质转运、水分利用效率、籽粒全氮含量和面团粉质拉伸参数的影响。试验于 2009—2010 年度,在新乡市农业科学院辉县试验基地一号地和辉县市孟庄镇高村同时进行。试验采用随机区组试验设计,三次重复。试验设 5 个处理:底墒水+拔节水+开花水,底墒水+拔节水,底墒水+越冬水+孕穗水,越冬水+孕穗水,越冬水+起身水+开花水+灌浆水(对照)。结果表明:灌水处理对新麦 19 的产量、干物质转运、水分利用效率及籽粒品质性状有显著的影响,两地结果基本一致。“底墒水+拔节水+开花水”处理的产量最高,两地平均比对照增产 5%,花后干物质积累量和转运率、水分利用率、降水利用效率、灌水利用率和品质性状均高于对照。“底墒水+拔节水”处理的水分利用率最高,比对照高出 6% 以上。小麦全生育期灌两水以上时,随灌水量的增加籽粒品质将变劣;花后灌一水与花后不灌水处理的籽粒品质性状差异较小,二者均优于花后灌两水的处理。综合籽粒产量、品质、水分利用率多方面因素,在河南北部地区强筋小麦生产中适宜采用“底墒水+拔节水+开花水”的水分管理模式。

关键词: 强筋小麦;灌水;籽粒产量;品质性状;水分利用效率;干物质积累与分配

中图分类号: S152.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2013)05-0042-06

Effects of irrigation on yield and quality of high-gluten wheat Xinmai 19

SHENG Kun, YANG Li-juan, JIANG Zhi-kai, WANG Ying-hong, DONG Yun, ZHAO Zong-wu

(Xinxiang Academy of Agricultural Sciences, Xinxiang, Henan 453000, China)

Abstract: A field trial was conducted during 2009—2010 at the experimental station of Xinxiang Academy of Agricultural Sciences and Gaocun Village in Huixian City, Henan Province to verify the effects of irrigation on yield, dry matter accumulation amount (DMAA), dry matter distribution ratio (DMDR), water use efficiency (WUE), and quality of high-gluten wheat. The trial was implemented by using randomized block design with three replications. Five treatments of irrigation were included: pre-sowing water + jointing water + flowering water (T1), pre-sowing water + jointing water (T2), pre-sowing water + winter water + booting water (T3), winter water + booting water (T4), and winter water + pre-jointing water + flowering water + filling water (CK). The results showed that the irrigation treatments affected significantly grain yield, DMAA, DMDR, WUE and quality characters of Xinmai 19 at both sites. The yield of T1 was the highest, which increased by 5% in average at the two sites compared with CK. The DMAA, DMDR, WUE, irrigation WUE and precipitation WUE of T1 were wholly higher than those of CK. The WUE of T2 was the highest, which increased by more than 6% compared with CK. When irrigated twice or more during the whole growth period, the grain quality tended to be worse with the increase of irrigation frequency. There was little difference of grain quality between irrigation once and no irrigation after anthesis, both of whose grain quality was prior to that of irrigation twice after anthesis. In comprehensive view of yield, quality and WUE, T1 was the best irrigation mode for high-gluten wheat production in northern Henan Province.

Keywords: high-gluten wheat; irrigation; grain yield; quality character; water use efficiency; dry matter accumulation and distribution

小麦的产量和品质受品种遗传因素和环境因素 的共同影响,其中水分是重要的影响因子之一^[1-2]。

收稿日期:2013-01-16
基金项目:现代农业产业技术体系建设专项资金资助(CARS-3-2-35)
作者简介:盛 坤(1982—),男,河南永城人,硕士,主要从事小麦栽培及育种研究。E-mail:skun5@qq.com。
通信作者:赵宗武,E-mail:zzw3179@126.com。

多数研究表明适量灌溉可以提高产量、改善品质,过量灌溉使籽粒产量和品质降低;且灌浆后期灌水过多会促进淀粉大量合成,不利于籽粒蛋白质的积累,土壤适度干旱则可提高籽粒蛋白质含量,改善与面包品质有关的品质性状^[3-8]。但也有人认为小麦生育中后期适当灌溉,可使小麦籽粒产量和品质同步提高^[9-10]。这些研究多是在控制降水或特定生态条件下完成的,且因品种、气候的差异,试验结果存在分歧。本试验在大田条件下研究河南北部地区不同灌水方式对强筋小麦籽粒产量和品质的影响,以期为本地区强筋小麦的节水灌溉提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况与试验设计

试验于 2009—2010 年度,在新乡市农业科学院

辉县试验基地一号地和辉县市孟庄镇高村同时进行,分别代表高产田和中低产田。一号地小麦播种前 0~20 cm 土层土壤含有机质 14.17 g·kg⁻¹、全氮 1.08 g·kg⁻¹、速效磷 11.39 mg·kg⁻¹、速效钾 111.2 mg·kg⁻¹、pH8.16,高村含有机质 19.57 g·kg⁻¹、全氮 1.22 g·kg⁻¹、速效磷 6.4 mg·kg⁻¹、速效钾 199.1 mg·kg⁻¹、pH7.06。两地地下水位均在 5 m 以下,播种前 0~2 m 土层土壤含水量及容重见表 1。小麦生育期内有效降水总量为 140.4 mm,比常年减少 16.6 mm(常年降水量为 157 mm),其中播种至越冬为 35.7 mm(常年降水量 42.6 mm),越冬至拔节为 16.6 mm,(常年降水量 30.5 mm),拔节至开花 40.3 mm(常年降水量 47.5 mm),开花至成熟为 47.8 mm(常年降水量 36.7 mm)。

表 1 播种前各层土壤含水量和容重
Table 1 Soil moisture content and soil bulk density before sowing

地点 Site	项目 Item	土层 Soil layer/cm									
		0~20	20~40	40~60	60~80	80~100	100~120	120~140	140~160	160~180	180~200
一号地 No.1 field	干容重/(g·cm ⁻³) Bulk density	1.34	1.62	1.55	1.53	1.58	1.64	1.65	1.64	1.43	1.43
	含水率/% Moisture content	17.89	18.55	18.67	19.84	19.89	19.46	22.58	23.59	29.09	32.03
高村 Gaocun	干容重/(g·cm ⁻³) Bulk density	1.51	1.55	1.50	1.52	1.54	1.52	1.54	1.53	1.55	1.48
	含水率/% Moisture content	17.91	19.71	21.25	20.47	20.45	21.35	22.62	23.47	25.44	25.72

供试品种为新麦 19,属半冬性多穗型强筋小麦品种。试验设 5 个处理:T1(底墒水、拔节水、开花水)、T2(底墒水、拔节水)、T3(底墒水、越冬水、孕穗水)、T4(越冬水、孕穗水)、CK(越冬水、起身水、开花水、灌浆水),其中 CK 为大田生产模式。每次灌水 750 m³·hm⁻²,用水表计量。采用随机区组试验设计,小区面积 10 m×3 m,三次重复,小区间设 3 m 保护区。前茬作物为玉米,秸秆全部还田,结合深耕每公顷底施纯氮 210 kg、P₂O₅ 和 K₂O 均为 112.5 kg。2009 年 10 月 16 号播种,3 叶期定苗,基本苗为 375 万株/hm²,其它管理同一般高产田,2010 年 6 月 11 日收获。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 土壤含水量 采用烘干法分层(每 20 cm 一层)测定播前和收获后 0~2 m 土层土壤含水量。

1.2.2 干物质积累与分配 于开花期和成熟期,取 15 cm 样段,按叶、茎+叶鞘、穗轴+颖壳和籽粒分别取样,105℃杀青 20 min,80℃烘至恒重,称干重。

相关计算公式如下:

营养器官花前贮藏干物质转运量=开花期干物重-成熟期干物重;

营养器官花前贮藏干物质转运率(%)=(开花期干物重-成熟期干物重)/开花期干物重×100;

开花后同化物输入籽粒量=成熟期籽粒干重-营养器官开花前贮藏干物质转运量

开花前干物质对籽粒产量的贡献率(%)=开花前营养器官贮藏干物质转运量/成熟期籽粒干重×100

1.2.3 农田耗水量 根据土壤含水量计算农田耗水量:

$$ET_{1-2} = 10 \sum_{i=1}^n \gamma_i H_i (\theta_{i1} - \theta_{i2}) + M + P + K$$

式中,ET₁₋₂为阶段耗水量(mm);i 为土层编号;n 为总土层数;γ_i为第 i 层土壤干容重(g·cm⁻³);H_i为第 i 层土壤厚度(cm);θ_{i1}和 θ_{i2}分别为第 i 层土壤时段初和时段末的含水率,以占干土质量的百分数计;M

为时段内的灌水量(mm); P 为有效降水量(mm); K 为时段内的地下水补给量(mm),当地下水埋深大于 2.5 m 时, K 值可以忽略不计。本试验中地下水埋深在 5 m 以下,故地下水补给量可视为 0。

1.2.4 水分利用率 参考郑成岩等人的方法^[11-13],水分利用效率 = 籽粒产量/农田耗水量;灌溉水利用效率 = 籽粒产量/实际灌水量;降水利用率 = 籽粒产量/有效降水量;土壤水利用率 = 籽粒产量/土壤贮水消耗量。

1.2.5 籽粒全氮含量 采用凯氏定氮法,利用 FOSS 公司的 Kjeltec2300 自动定氮仪测定。

1.2.6 面团粉质拉伸参数 用德国 Brabender 公司的粉质拉伸仪器,按 AACC Method 54-21,54-10 方法测定。

1.3 数据分析

试验数据先用 Excel 初步处理,再用 SPSS 20.0 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对产量及构成要素的影响

从表 2 两地产量及构成要素可以看出,两地产量变化趋势基本一致, $T1 > T2 > CK > T3、T4$ 。 $T1$ 处理产量最高,一号地和高村分别达 6 882.0、6916.7 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,比 CK (大田生产模式)增加 2.1%、7.8%; $T2$ 处理次之,两地分别比 CK 增加 1.4%、3.9%;两

处理产量的差异不超过 4%。 $T1$ 和 $T2$ 处理的穗数明显高于其它处理,证明拔节水通过提高穗数获得较高的产量; $T3$ 和 $T4$ 的产量显著小于 $T1$ 和 $T2$,表明在两水和三水模式中“越冬水 + 孕穗水”组合不利于获得高产; $T4$ 产量最低,表明底墒水对产量的形成有重要作用。 CK 处理的千粒重最高,说明浇灌浆水对提高千粒重有较大作用。在本年度气象条件下“底墒水 + 拔节水 + 开花水”的灌水模式对产量形成比较有利,生育后期降水量较大(开花至成熟降水量 47.8 mm),基本满足灌浆期对水分的需求时,“底墒水 + 拔节水”的灌水模式也能获得较高的产量。

2.2 不同处理对小麦干物质转运的影响

由表 3 可以看出,两地 $T1$ 处理营养器官花前贮藏干物质向籽粒的转运量、转运率及对籽粒的贡献率显著小于 $CK、T3$ 和 $T4$ 处理,花后干物质积累对籽粒的贡献率显著大于前三个处理。 $T2$ 处理与 $CK、T1$ 处理的差异在两地表现不一致,但均与 $T3、T4$ 处理差异显著,且两地表现一致。 $T3、T4$ 处理营养器官花前贮藏干物质向籽粒的转运量、转运率及对籽粒的贡献率显著大于其他处理,花后干物质积累对籽粒的贡献率显著小于其他处理。由此可以看出, $T1$ 处理虽然阻碍了营养器官花前贮藏干物质向籽粒的转运,但是有利于花后干物质积累和转运,这是其获得高产的主要原因; $T3、T4$ 处理降低了花后干物质向籽粒的转运不利于形成高产。

表 2 不同处理对产量及其构成因素的影响
Table 2 Yield and yield components under different treatments

地点 Site	处理 Treatment	穗粒数 Grain number per spike	穗数 Spike number /($10^4\cdot\text{hm}^{-2}$)	千粒重 1000-kernel weight/g	籽粒产量 Grain yield /($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)
一号地 No.1 field	CK	33.0	646.7	43.6	6742.3a
	T1	32.7	751.7	39.4	6882.0a
	T2	32.1	728.3	40.5	6835.1a
	T3	33.1	653.3	41.3	6383.8b
	T4	34.1	655.0	40.7	6469.4b
高村 Gaocun	CK	31.2	605.0	44.0	6416.7c
	T1	29.3	670.0	43.2	6916.7a
	T2	29.5	675.0	42.4	6666.7b
	T3	27.0	648.3	43.6	5944.4d
	T4	27.1	643.3	43.6	5750.0e

注:各列数据后相同字母表示在 0.05 水平差异不显著。下同。
Note: Values followed by the same letters within a column are not significantly different at $P < 0.05$, hereinafter the same.

2.3 不同处理对水分利用效率的影响

从表 4 可以看出随灌溉次数增加,水分利用率、灌溉水利用效率和土壤水消耗量均降低。 $T2$ 处理的水分利用效率最高,比 CK 处理高出 6% 以上,灌

溉水利用率亦最高,比 CK 处理高出 98% 以上,两地表现一致。 $T4$ 处理在两地表现不一致,主要是因为其在高村的产量偏低。降水利用效率两地规律一致,表现为 $T1、T2、CK > T3、T4$ 。土壤水利用率以 CK

最高,将其与 T2 相比,在一号地和高村分别高出 91.7%和 178.2%。由此看出过量灌溉减少了根系

对上层土壤水的利用,对灌溉水消耗较多,从而加剧了深层地下水的开采,不利于水资源的可持续利用。

表 3 不同处理对干物质转运的影响

Table 3 Distribution of dry matter in various organs under different treatments

地点 Site	处理 Treatment	叶 Leaf		茎鞘 Stem		穗轴 + 颖壳 Spike axis + glume		总计 Total		对籽粒贡献率 Contribution to grains	
		转运量 Amount	转运率 Ratio	转运量 Amount	转运率 Ratio	转运量 Amount	转运率 Ratio	转运量 Amount	转运率 Ratio	花前干物 质运转 DMTBA/%	花后干物 质积累 DMAAA/%
		/g	/%	/g	/%	/g	/%	/g	/%		
一号地 No. 1 field	CK	3.40	29.9	5.43	21.5	0.40	4.8	9.23b	20.5b	28.6c	71.4b
	T1	3.49	27.3	4.10	14.2	1.23	14.6	8.82c	17.6c	23.0d	77.0a
	T2	3.76	31.9	4.51	15.6	0.86	10.2	9.13bc	18.6c	25.3d	74.7a
	T3	3.84	38.4	6.06	20.8	0.19	2.4	10.09a	21.6a	33.8b	66.2c
	T4	5.73	47.7	4.71	16.0	0.17	2.2	10.61a	21.6a	37.7a	62.3d
高村 Gaocun	CK	2.46	25.1	4.33	18.3	0.52	6.2	7.32b	17.5b	28.8c	71.2b
	T1	1.58	18.9	2.32	12.0	0.50	5.6	4.39d	12.0d	16.2d	83.8a
	T2	1.93	21.9	3.92	17.2	0.92	10.8	6.76c	16.9b	26.6c	73.4b
	T3	3.35	38.4	4.08	16.9	0.43	5.4	7.86a	19.3a	35.0b	65.0c
	T4	3.40	37.0	4.78	19.2	0.13	1.6	8.31a	19.7a	38.1a	61.9d

Note; DMTBA; dry matter translocation before anthesis; DMAAA; dry matter accumulation after anthesis.

表 4 不同灌水处理对水分利用效率的影响

Table 4 Water use efficiency under different treatments

地点 Site	处理 Treatment	土壤水 消耗量 SWC	灌水量 I	有效降 水量 P	农田耗 水量 WC	水分利 用效率 WUE	灌溉水利 用效率 WUE _I	降水利 用效率 WUE _P	土壤水利 用效率 WUE _S
		/mm	/mm	/mm	/mm	$/(kg\cdot hm^{-2}\cdot mm^{-1})$	$/(kg\cdot hm^{-2}\cdot mm^{-1})$	$/(kg\cdot hm^{-2}\cdot mm^{-1})$	$/(kg\cdot hm^{-2}\cdot mm^{-1})$
一号地 No. 1 field	CK	120.4	296.6	122.5	539.6	12.50b	22.73d	55.04a	55.99a
	T1	173.2	251.5	122.5	547.2	12.56b	27.33c	56.11a	39.69b
	T2	234.1	144.2	122.5	500.8	13.66a	47.43a	55.83a	29.21c
	T3	182.4	222.6	122.5	527.5	12.13c	28.73c	52.22b	35.07b
	T4	197.3	161.7	122.5	481.4	13.47a	40.11b	52.94b	32.87bc
高村 Gaocun	CK	67.9	294.2	122.5	484.6	13.24b	21.81d	52.38a	94.45a
	T1	141.7	240.5	122.5	504.6	13.71a	28.76c	56.46a	48.82b
	T2	196.4	154.4	122.5	473.2	14.09a	43.19a	54.42a	33.95c
	T3	157.1	237.4	122.5	517.0	11.50d	25.04cd	48.53b	37.84bc
	T4	171.0	169.1	122.5	462.6	12.43c	34.00b	46.94b	33.63c

Note; SWC; soil water consumption; I; irrigation; P; precipitation; WC; water consumption; WUE; water use efficiency; WUE_I; irrigation water use efficiency; WUE_P; precipitation use efficiency; WUE_S; soil water use efficiency.

2.4 不同处理对籽粒全氮含量的影响

从两地籽粒蛋白质含量可以看出,CK 处理最低,T2 最高但与 T4 差异不显著,T1 处理居中与 T3 差异亦不显著,两地表现一致。两地籽粒蛋白质含量的极差以高村最大,达到 1.1%,平均差异为 0.95%。从两地平均值来看,CK 处理显著低于其它处理;T2 处理高于 T1 处理 0.55%,T4 处理高于 T3

处理 0.5%,差异均达显著水平。除 CK 处理外,高村各处理的籽粒蛋白质含量大于一号地,这与两地的产量趋势基本相符。从小麦全生育期灌水量来看,随灌水量的增加籽粒蛋白含量呈下降趋势。由此说明,生育期灌水量较大尤其是浇灌浆水不利于籽粒蛋白质的积累,开花后适当限制灌溉有利于提高籽粒蛋白质含量。

表 5 不同灌水处理对小麦籽粒蛋白含量的影响

Table 5 Protein content of wheat grain
under different treatments

处理 Treatment	一号地 No.1 field	高村 Gaocun	平均 Average
CK	14.8c	14.6c	14.7c
T1	15.1bc	15.2b	15.1b
T2	15.6a	15.8a	15.7a
T3	14.9c	15.1b	15.1b
T4	15.5ab	15.6a	15.5a

表 6 不同灌水处理对籽粒品质性状的影响

Table 6 Quality characters of wheat grain under different treatments

地点 Site	处理 Treatment	灌水次数 Irrigation times	吸水率 Water absorption /%	稳定时间 Stable period /min	软化度 Softness /FU	延伸度 Extensibility /mm	拉伸阻力 Extension resistance /EU	最大拉伸阻力 Maximum extension resistance /EU	比值 Ratio (R/E)	拉伸面积 Extension area /cm ²
一号地 No.1 field	CK	4	59.3c	7.7b	70c	203b	330c	486b	1.65b	134b
	T1	3	60.4b	9.9a	61cd	206ab	368b	518ab	1.79a	152a
	T2	2	60.6b	9.3a	55d	211a	385a	550a	1.82a	160a
	T3	3	61.8a	7.2b	121a	205b	370b	523ab	1.80a	149a
	T4	2	62.0a	7.1b	95b	208ab	380a	544a	1.83a	157a
高村 Gaocun	CK	4	58.5d	8.2b	71c	204a	333c	493c	1.63c	131b
	T1	3	60.3c	10.4a	66cd	208a	366b	512b	1.76b	155a
	T2	2	60.8b	10.6a	61d	210a	391a	563a	1.86a	167a
	T3	3	60.7b	7.4b	107a	205a	360b	534ab	1.76b	153a
	T4	2	61.2a	7.6b	97b	209a	377b	550ab	1.80a	160a

3 结论与讨论

河南北部地区在小麦生育期间自然降水量不足,已成为制约该区小麦产业发展的主要因素之一。因此,如何改进灌溉方式,提高产量和水分利用率、改善品质已显得极为重要。郑成岩等研究认为在降水量为 128.0~246.4 mm 条件下,底水和拔节水分别灌溉 60 mm 处理的水分利用效率和籽粒产量最高^[11]。王德梅的研究表明^[12],适量灌溉处理(拔节水+开花水)的产量和水分利用效率均高于灌水量多的处理(冬水+拔节水+开花水+灌浆水)。本试验结果表明,“底墒水+拔节水”处理的水分利用率最高,但产量低于“底墒水+拔节水+开花水”处理。灌水对小麦干物质运转有显著的影响。韩占江等人的研究表明^[13],随着灌水量增加,开花前贮藏在营养器官中的干物质开花后向籽粒的再分配量和再分配率增加,开花后干物质积累量对籽粒的贡献率降低。本研究表明,在灌水量和灌水次数相同的情况下,灌水时期对花前和花后干物质运转量、运转率和

2.5 不同处理对面团粉质拉伸参数的影响

研究结果表明,小麦全生育期灌水量尤其是花后灌水对籽粒品质性状有明显的影响,两地试验结果一致。吸水率、延伸度、拉伸阻力、最大拉伸阻力、比值和拉伸面积均以 CK 最低。稳定时间以 T4 最低,但 T4、T3、CK 间差异不显著。弱化度以 T3 最高,CK 位于第三位。从灌水量来看,以上指标随灌水量的增加整体呈变劣的趋势。由此可以看出,适当限制灌溉,减少开花后灌水有利于提高籽粒品质性状。

对籽粒贡献率有显著的影响,这是各处理产量差异的内在原因。

多数研究认为,小麦生育后期灌水不利于籽粒品质的提高,灌水量与籽粒蛋白质含量呈显著负相关^[14-15]。许振柱的研究表明灌麦黄水明显降低湿面筋含量,灌浆期土壤水分过多,降低面粉的沉降值^[3]。王晨阳等人研究表明,随花后灌水次数的增加,各品质性状变劣,其中灌 2 水或灌 4 水使部分品质性状显著或极显著下降^[4]。王育红认为强筋小麦生产关键要浇好越冬水和拔节水,不提倡花后灌水^[5]。但也有人认为花后灌 1 水能够改善部分品质性状。毛凤梧认为灌浆水可使面粉的沉淀值、干湿面筋含量增加^[9]。王月福认为在我国北方麦区,无论是干旱年份或正常降水年份,小麦生育中后期适当灌溉,可使小麦籽粒产量、蛋白质产量、蛋白质含量和赖氨酸含量同步提高^[10]。我们研究发现,随灌水量的增加籽粒品质呈现下降的趋势,但花后灌一水(即开花水)与不灌水品质性状差异较小,部分性状甚至高于不灌水的处理;两者的品质性状均高于

花后灌两水(即开花水 + 灌浆水)的处理,这与王晨阳的研究一致。

综合以上结果我们认为,在小麦生育期内有效降水总量(140.4 mm)比常年偏少的条件下,河南北部地区强筋小麦生产采用“底墒水 + 拔节水 + 开花水”的灌溉方式,能获得高产和较高的水分利用率、较好的籽粒品质,其生理效应还有待进一步研究。目前该区域在小麦生产上普遍重视越冬水、返青水而忽视底墒水、拔节水,从我们的试验结果来看,无论是灌两水还是灌三水,“越冬水 + 孕穗水”组合的产量均小于“底墒水 + 拔节水”的组合。因此有必要对底墒水和拔节水的增产效应开展研究,以探讨强筋小麦节水灌溉新模式。

参 考 文 献:

[1] 姜东燕,于振文.土壤水分对小麦产量和品质的影响[J].核农学报,2007,21(6):641-645.

[2] Guttieri M J, Ahmad R, Stark J C, et al. Relative sensitive of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit[J]. Crop Sci, 2001,41:327-335.

[3] 许振柱,于振文,王 东,等.灌溉条件对小麦籽粒蛋白质组分积累及其品质的影响[J].作物学报,2003,29(5):682-687.

[4] 王晨阳,郭天财,彭 羽,等.花后灌水对小麦籽粒品质性状及产量的影响[J].作物学报,2004,30(10):1031-1035.

[5] 王育红,姚宇卿,吕军杰,等.水分调控对强筋小麦产量和品质影响[J].干旱地区农业研究,2006,24(6):25-28.

[6] 丰 明,赵广才,常旭虹,等.不同灌水处理对彩色小麦籽粒产量和品质的影响[J].麦类作物学报,2009,29(3):460-463.

[7] 赵广才,万富世,常旭虹,等.灌水对强筋小麦籽粒产量和蛋白质含量及其稳定性的影响[J].作物学报,2008,34(7):1247-1252.

[8] 赵广才,常旭虹,陈新民,等.不同施肥灌水处理对不同小麦品种产量和品质的影响[J].植物遗传资源学报,2007,8(4):447-450.

[9] 毛凤梧,赵会杰,徐立新,等.水肥运筹对小麦品质形成的调控效应[J].河南农业大学学报,2001,35(1):13-15.

[10] 王月福,陈建华,曲健磊,等.土壤水分对小麦籽粒品质和产量的影响[J].莱阳农学院学报,2002,19(1):7-9.

[11] 郑成岩,于振文,马兴华,等.高产小麦耗水特性及干物质的积累与分配[J].作物学报,2008,34(8):1450-1458.

[12] 王德梅,于振文.灌溉量和灌溉时期对小麦耗水特性和产量的影响[J].应用生态学报,2008,19(9):1965-1970.

[13] 韩占江,于振文,王 东,等.测墒补灌对冬小麦干物质积累与分配及水分利用效率的影响[J].作物学报,2010,36(3):457-465.

[14] Singh N K, Shephend K W. Linkage mapping of genes controlling endosperm storage proteins in wheat[J]. Theor Appl Genet, 1998, 75:628-665.

[15] Barber J S. Factors influencing the grain yield and quality in irrigated wheat[J]. J Agric Sci, 1987,109(1):19-26.



(上接第 41 页)

[16] 林学春,于淑秋.近 40 年我国气候趋势[J].气象,1990,(10):16-21.

[17] 许月卿,李双成,蔡运龙.基于小波分析的河北平原降水变化规律研究[J].中国科学 D 辑地球科学,2004,34(12):1176-1183.

[18] 姚棣荣,钱 恺.小波变换在新安江流域近百年降水变化分析中的应用[J].科技通报,2001,17(3):17-21.

[19] 刘俊萍,田峰巍,黄 强,等.基于小波分析的黄河河川径流变化规律研究[J].自然科学进展,2003,13(4):38-387.

[20] 杨梅学,姚檀栋.小波气候突变的检测—应用范围及应注意的问题[J].海洋地质与第四纪地质,2003,23(4):73-76.

[21] 李海东,沈渭寿,赵 卫,等.1957—2007 年雅鲁藏布江中游河谷降水变化的小波分析[J].气象与环境学报,2010,26(4):1-7.

[22] 衡 彤,王文圣.降水量时间序列变化的小波特征[J].长江流域资源与环境,2002,11(5):466-470.

[23] 吕翠美,吴泽宁,刘文立,等.伊河流域径流周期变化特征的小波分析[J].人民黄河,2007,29(5):26-28.

[24] 刘 德,李永华.重庆市夏季气温及降水变化的小波分析[J].

高原气候,2003,22(2):173-178.

[25] 张 星,彭云峰,谢怡芳,等.闽江河口湿地气候变化趋势与突变分析[J].中国农业气象,2010,31(3):364-368.

[26] 符淙斌,王 强.气候突变的定义和检测方法[J].大气科学,1992,16(4):482-493.

[27] 成 鹏.乌鲁木齐地区近 50 a 降水特征分析[J].干旱区地理,2010,33(4):580-587.

[28] 肖 军,赵景波.西安市 54 年来气候变化特征分析[J].中国农业气象,2006,27(3):179-182.

[29] Karl T R, Kukla G, Razuvayev V N, et al. Indices of climate change for the united states[J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 1996,77:279-292.

[30] 赵庆云.西北东部极端气候变化倾向和预报方法研究[D].南京:南京信息工程大学,2005.

[31] 郭慕萍,王志伟.54 年来中国西北地区降水量的变化[J].干旱区研究,2009,26(1):120-125.

[32] 姚晓蔚,唐晓丹,董 静,等.徐州市降水特征及频率分析[J].赤峰学院学报(自然科学版),2011,27(10):103-105.