

黄土高原东南部旱作农田 一年二熟种植模式水分效应初探 ——以杨凌为例

熊晓锐¹, 廖允成¹, 高茂盛¹, 温晓霞¹, 刘 阳¹, 谢志金², 姚贵军²

(1. 西北农林科技大学农学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 延安市洛川农业科学研究所, 陕西 洛川 727400)

摘 要: 为了揭示“一年二熟”种植模式的农田土壤水分动态及耗水规律, 试验设置了4个不同的“一年二熟”种植模式, 测定分析了不同种植模式的土壤水分动态变化、水分满足率、作物耗水强度及作物产量等指标。结果显示: 在黄土高原东南部年降雨量达640 mm左右的旱作农田, 发展“一年二熟”种植能较好地利用夏闲期的水热资源, 不同程度地提高了全年的生物产量、经济产量、水分利用效率, 加强了农田物质循环。“冬小麦一大豆”、“冬小麦一玉米”两个种植模式的平均耗水强度仅比“冬小麦一夏闲”(对照)处理高0.07、0.1 mm/d, 而“冬小麦一谷子”的耗水量等同于对照。经济效益以“冬小麦一玉米”为最好, 土壤水分资源的持续利用性以“冬小麦一谷子”最好, 一年二熟在取得显著经济效益的前提下具有可持续性; 综合考虑该区的自然资状况, 在旱作农田下最优的“一年两熟”种植模式为“冬小麦一玉米”, “冬小麦一大豆”。

关键词: 黄土高原东南部; 旱作农田; 一年二熟; 耗水强度; 水分利用效率

中图分类号: S342.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008)03-0044-06

基于“在有限降水资源和地力不足条件下, 发展复种之后, 常会引起后作小麦减产”的传统认识, 黄土高原旱地盛行以夏季休闲为主要特征的种植制度。这是黄土高原长期旱作的生产经验, 但这种种植制度已经变为传统习惯性的农作方式, 甚至在自然条件相对较好的黄土高原东南部也广泛存在。该区域年降水量达500~700 mm, 夏闲日数长达110~130 d, 期间太阳辐射占年太阳辐射总量的25%~42%, >10℃积温1 600~2 900℃, 降水量250~390 mm, 占全年降水量的50%~65%, 理应是该区农业生产黄金季节。但在传统农作方式下, 资源并没有得到合理利用, 研究表明以蓄水为主要目的的夏闲地, 夏闲期结束贮水量仅为同期降水量的30%左右, 同期光热水资源浪费巨大^[1]。廖允成^[2]、韩思明^[3]、李军^[4]、籍增顺^[5]等探讨了黄土高原实行多熟种植开发夏闲地的气候可能性, 并进行了相关试验验证, 一致认为当前复种指数提升潜力空间可观, 应改变夏闲期降水的低效就地蓄存和伏雨春用的传统方式为发展适度复种的高效利用方式, 重点提高夏闲期降水资源的利用效率。旱地发展与

生产实际相适应的优化多熟种植模式不仅应当突出对水分等生产要素的高效利用, 而且还要能实现对土壤水分生态环境的有效保护和土壤水分资源的持续利用, 并获取高产。因而旱地农业发展一年二熟首先需要从生产周年土壤水分动态变化以及不同种植模式耗水规律角度来评价复种的水分效应, 从产量来评价其经济效益。但近年来对于旱地作物水分效应的研究多以单季作物为主^[6~9], 较少涉及到复种后的水分效应。本试验选取区内降水量为637 mm左右的杨凌地区, 以一年二熟复种制度整体为研究对象对其水分效应进行研究, 并分析其高效性和可持续性, 以期确立该降水类型区的夏闲地开发策略, 为在黄土高原东南部水分状况允许地区发展适度复种作出有益探索。

1 材料和方法

1.1 实验设计

试验于2006年10月9日在陕西杨凌西北农林科技大学农作一站进行。该地属暖温带半湿润季风区, 海拔525 m, 年均气温13℃, 辖区内多年平均降

收稿日期: 2007-11-20

基金项目: 2007年度教育部新世纪优秀人才支持计划; 国家自然科学基金(30671227, 30300213, 30070439); “十一五”国家科技支撑计划(2006BAD15B06 2); 陕西省自然科学基金(2006C104, 2005C105); 陕西省农业科技攻关(2005K01 G17-02); 西北农林科技大学“青年学术骨干支持计划”

作者简介: 熊晓锐(1980-), 男(汉族), 在读硕士研究生, 研究方向为农业资源利用。E-mail: xxr331444503@126.com。

通讯作者: 廖允成, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事农业资源利用及农业生态方面的教学与科研工作。E-mail: yunchengliao@163.com。

雨量 637.6 mm。冬小麦播种前测定土壤(0~40 cm)的基本肥力状况为:土壤有机质 9.28 g/kg,速效氮 11.53 mg/kg,速效钾 113.48 mg/kg,速效磷 6.32 mg/kg,pH7.35。

试验共设置 4 个处理:处理 I.冬小麦一夏闲;II.冬小麦一谷子;III.冬小麦一大豆;IV.冬小麦一玉米(中熟),以处理 I 为对照,符号“一”表示年内接茬复种。2007 年 6 月 1 日冬小麦收获后于硬茬播种所有接茬作物。小区面积为 19.25 m²,长 5.5 m,宽 3.5 m,重复 3 次,随机排列,田间管理按当地高产措施进行。

1.2 测定项目及分析方法

1) 土壤水分含量及作物耗水量:冬小麦和接茬作物播种以及收获时,复种周期内每月底分别测定 0~200 cm 土层水分含量,降水后测定 0~100 cm 土层水分含量。0~100 cm 每 10 cm 取 1 个土样,100 cm 以下每 20 cm 取 1 个土样。土壤水分测定采用烘干法。对生育期降水量进行记录。

根据农田水分平衡计算作物耗水量,即:

$$ETa = (W_1 - W_2) + P + U - I - R$$

式中,ETa 为作物农田实际蒸散量即耗水量;W₁、W₂分别为初期和末期 2 m 土层土壤含水量;P 为阶段降雨量;U 为地下水上升补给量。由于本地区地下水位较低,且存在干燥层,所以地下水对作物几乎没有补给,故认为 U 为零;I 为降雨入渗到深层土壤的量,在本区作物的农田降雨入渗深度不超过 200 cm,所以 I 也为零。另外本试验选择的地势较平坦,故认为径流量 R 近似为零^[10,11]。

表 1 不同处理冬小麦生育期和夏闲期始末 2 m 土层贮水量比较

Table 1 Contrast of water storage in 2 m depth during growth period of winter wheat and summer fallow

处理 Treatments	小麦播前土壤 贮水量(mm) Water storage before sowing of winter wheat	小麦收获时土壤 贮水量(mm) Water storage after harvesting stage of winter wheat	夏闲开始 土壤贮水量(mm) Water storage before summer fallow	夏闲结束 土壤贮水量(mm) Water storage after summer fallow	比对照增减 (mm) Compared with CK
I	555.6	340.9	340.9	543.7	—
II	555.6	340.9	340.9	543.2	-0.5
III	555.6	340.9	340.9	518.5	-25.2
IV	555.6	340.9	340.9	506.5	-37.2

试验区内广泛的夏季农田休闲制度源于“蓄墒储水,满足后茬小麦的生长需要”的传统认识。但由表 2 可以看出,周年复种结束后不同处理 2 m 土壤都蓄积了相当的水量,蓄水率从大到小顺序为 I > II > III > IV。其中处理 II 和对照的蓄水率几乎是一样的,而处理 III 和处理 IV 虽然对照低,但也维持了一

2) 水分利用效率(WUE)是由经济学产量和作物实际耗水量之比计算而得;水分满足率根据实际耗水量和作物需水量之比计算而得(当用农田水分平衡法计算的作物生长季节耗水量代数值高于需水量参数时候,水分满足率为 100%);夏闲期蓄水率为夏闲期所蓄积的水分与同期降水量之比计算而得;耗水强度由生育期耗水量和生育期日数之比计算而得。

3) 作物产量:各作物收获后小区测全产,取 3 次重复平均值。

2006 年 10 月 9 日至 2007 年 10 月 1 日降水量为 629.7 mm,其中冬小麦生育期降水量为 170.8 mm,夏闲期降水量为 458.9 mm。

2 结果与分析

2.1 不同处理土壤水分效应

由表 1 可以看出,不同处理土壤水分都在前茬作物冬小麦生育期间被严重消耗,冬小麦收获后 2 m 土壤贮水量仅为 340.9 mm,比播种时少了 214.7 mm。各处理接茬作物收获后 2 m 土壤贮水量和小麦播种时相比都得以得到基本或较好的恢复,各处理恢复程度依次为 I > II > III > IV,而处理 II 和对照几乎没有什么差别。这主要是由于同期降水量大于夏闲地裸地蒸发和接茬复种作物消耗,使土壤含水量整体成恢复趋势,而对照通过夏季休闲蓄纳雨水,相应比其他处理复种作物减少了消耗,谷子需水量较少,和夏闲期蒸发量接近,而玉米需水量本身较大,以冬小麦一玉米复种方式土壤贮水量最低。

定的蓄水率,表明了旱作农田发展麦后复种并未对蓄墒造成大的影响,特别是种植谷子等需水量较少作物,对蓄墒则影响更少。

2.2 不同处理耗水状况

发展一年二熟复种后,提高了单位土地面积利用效率,同时也增加了一茬作物对土壤水分的消耗,

最终导致全年总耗水量处理Ⅱ, 处理Ⅲ, 处理Ⅳ均较对照高。在前茬冬小麦生长阶段, 由于作物一致, 耗水量均为 385.5 mm, 而夏闲期间由于复种和休闲农田蒸散量不同以及各复种作物需水量的之间差异, 不同处理农田水分的消耗呈现出强弱, 从表 3 可以看出, 此期种植大豆和玉米均比谷子耗水量大, 而后者耗水量和休闲田几乎没有差别, 而玉米又比大豆多耗水。这主要是因为谷子需水量较其他作物

低, 对照虽然采取了夏季休闲, 但复种谷子耗水和裸地蒸发量几乎一致。而玉米较大豆需水量略高, 长期需要制造大量的有机物质, 最终结果显示不同处理复种周期内处理Ⅰ和处理Ⅱ耗水强度相同, 以处理Ⅳ耗水强度最高, 但仅比对照高 0.1 mm/d, 比处理Ⅲ高 0.03 mm/d, 一年二熟模式并没有因为增加了一茬作物而导致耗水强度较对照明显增加。

表 2 不同处理 2 m 土层夏闲末蓄水率比较

Table 2 Contrast of water storage rate in 2 m depth after summer fallow

处理 Treatment	夏闲期蓄积水量(mm) Water storage during summer fallow	夏闲期降雨量(mm) Rainfall during summer fallow	蓄水率(%) Water storage rate
I	202.8	458.9	44.2
II	202.3	458.9	44.1
III	177.6	458.9	38.7
IV	165.6	458.9	36.1

表 3 不同处理冬小麦生育期和夏闲期耗水量和耗水强度

Table 3 Water consumption of different cropping systems

处理 Treatments	时期 Growth period	单季作物耗水量 Water consumption of each crop (mm)	单季作物生育期降水量 Rainfall during growth period of each crop (mm)	全季度降水量 Total rainfall (mm)	总耗水量 Total water consumption (mm)	单季作物平均耗水强度 Daily water consumption of each crop (mm/d)	全季度平均耗水强度 Daily water consumption of combinations (mm/d)
I	小麦 Winter wheat	385.5	170.8	629.7	641.6	1.64	1.80
	夏闲 Summer fallow	256.1	458.9			2.10	
II	小麦 Winter wheat	385.5	170.8	629.7	642.1	1.64	1.80
	谷子 Foxtail millet	256.6	458.9			2.10	
III	小麦 Winter wheat	385.5	170.8	629.7	666.8	1.64	1.87
	大豆 Soybean	281.3	458.9			2.31	
IV	小麦 Winter wheat	385.5	170.8	629.7	678.8	1.64	1.90
	玉米 Maize	293.3	458.9			2.40	

2.3 不同处理的产量和水分利用效率

由表 4 可以看出, 各处理夏闲期间由于对农田的利用方式不一样, 导致了全年的生物产量和经济产量有所不同, 全年和夏闲期生物产量均表现为Ⅳ>Ⅲ>Ⅱ>Ⅰ, 经济产量亦表现相同趋势, 处理Ⅱ、处理Ⅲ、处理Ⅳ平均经济产量分别较对照增产 21.66%, 22.79%, 98.78%, 增产幅度显著。而加之不同处理耗水量不一样, 进而对水分利用效率有所影响, 水分利用效率顺序为Ⅳ>Ⅱ>Ⅲ>Ⅰ, 复种处理水分利用效率明显高于对照, 尤以复种玉米为显著, 比对照高 9.37 kg/(hm²·mm)。一年二熟不仅全年产量大幅度提高, 同时也使本区有限的降水资源得到较大程度的开发利用。

2.4 不同复种处理水分满足率

当肥力、品种、管理水平、病虫害等不成为制约因素时, 旱地作物产量在很大程度上受水分满足状况的支配。作物水分满足状况取决于水分供给与水分需求两个方面。在此选用水分满足率对一年二熟水分满足状况做定量评价。将实际组合耗水量同李军^[12]研究提出的黄土高原该多熟组合需水参数进行比较, 由表 5 可看出, 各复种模式水分满足率均较高, 对于复种谷子, 水分满足程度高达 100%, 复种玉米的水分满足率也相当高, 达到 95.6%, 另外复种大豆水分满足情况也良好。一年二熟组合整体对本区的水分生态适应程度很高。

表 4 不同处理产量效应和水分利用效率

Table 4 Effect of yield under different treatments and WUE

处理 Treatment	作物生物产量 Biomass yield of each crop (kg/hm ²)	全年生物产量 Biomass yield of combinations (kg/hm ²)	作物经济产量 Economical yield of each crop (kg/hm ²)	全年经济产量 Economical yield of combinations (kg/hm ²)	单季作物水分 利用效率 WUE of each crop [kg/(hm ² ·mm)]	全年水分利 用效率 WUE of combinations [kg/(hm ² ·mm)]
I 小麦 Winter wheat	16683.4	16683.4d	6840.2	6840.2d	17.74	10.66
夏闲 Summer fallow	—		—			
II 小麦 Winter wheat	16683.4	20752.1c	6840.2	8321.5e	17.74	12.96
谷子 Foxtail millet	4068.7		1481.3		5.77	
III 小麦 Winter wheat	16683.4	25625.0b	6840.2	8399.4b	17.74	12.60
大豆 Soybean	8941.6		1559.2		5.54	
IV 小麦 Winter wheat	16683.4	35101.7a	6840.2	13596.8a	17.74	20.03
玉米 Maize	18418.3		6756.6		23.04	

注:不同字母表示差异显著(P>0.05, LSD test);值为每个处理中3次重复的平均值。下同。

Note: Different letters mean significant differences at P>0.05 by LSD test, The figures are the mean of the three replicates in each treatment. The the same as below.

表 5 不同处理需水量参数和水分满足率

Table 5 Water requirement and water satisfied rate of different treatments

处理 Treatment	实际需水量 ^[12] (mm) Actual water requirement of combinations	组合耗水量(mm) Water consumption of combinations	全季度水分满足率(%) Water satisfied rate of combinations
II	620	642.1	100
III	760	666.8	87.7
IV	710	678.8	95.6

2.5 不同处理经济效益分析

由表 6 可以看出,从投入单方面来说冬小麦—玉米模式最高为 5683.7 元,其次是冬小麦—谷子和冬小麦—大豆均为 4183.7 元,再次为冬小麦—夏闲的 3283.7 元,而最终的净产值高低顺序为冬小麦—玉米>冬小麦—大豆>冬小麦—谷子>冬小麦—夏闲,各种复种方式都不同程度较对照增产增收,且冬小麦—玉米和冬小麦—大豆两种复种方式经济效益

相当显著,比对照分别增收了 110.9%、72.0%,而冬小麦—谷子的增效则为 18.9%。不同处理夏闲作物以玉米产量最高,其次是大豆,再次是谷子,但是大豆市场价格远好于谷子和玉米,所以产量虽然较低,但最后组合经济效益却仍然很高,表现为低产但不低效。而增加一茬玉米或者大豆所带来的经济效益远好于因为复种所追加成本费用,投资回报率程

表 6 不同处理经济效益分析

Table 6 Comparison of economic efficiency among different treatments

处理 Treatment	产量 Yield (kg/hm ²)	产值 Output value (元/hm ²)	总产值 Total output value (元/hm ²)	投资 Investment (元/hm ²)	总投资 Total investment (元/hm ²)	净产值 Net income (元/hm ²)	增产值 Income increment (元/hm ²)	对照比 Compared with CK (%)
I 小麦 Winter wheat	6840.2	10260.3	10260.3d	3283.7	3283.7	6976.6d	—	—
夏闲 Summer fallow	—	—		—				
II 小麦 Winter wheat	6840.2	10260.3	12482.3c	3283.7	4183.7	8298.6c	1322.0	18.9
谷子 Foxtail millet	1481.3	2222.0		900.0		5.77		
III 小麦 Winter wheat	6840.2	10260.3	16185.3b	3283.7	4183.7	12001.6b	5025.0	72.0
大豆 Soybean	1559.2	5925.0		900.0		5.54		
IV 小麦 Winter wheat	6840.2	10260.3	20395.2a	3283.7	5683.7	14711.5a	7734.9	110.9
玉米 Maize	6756.6	10134.9		2400.0		23.04		

注:2007 年试验所在地交易价格小麦、玉米、谷子均 1.5 元/kg,大豆为 3.8 元/kg。

Note: The price: wheat 1.5 yuan/kg; maize 1.5 yuan/kg; foxtail millet: 1.5 yuan/kg; soybean 3.8 yuan/kg.

3 讨论

1) 试验表明各处理接茬作物收获后蓄水率存在差异,且差异维持在一定的范围内,复种谷子,耗水量基本和休闲农田持平,显示出良好的水分茬口效益;而复种玉米和大豆,虽然蓄水率略低,但影响有限,各处理在夏闲期结束时 2m 土层水分都得到了较好的恢复,一年二熟种植模式在没有过多消耗土壤水分的前提下却极大地增加了全年生物产出和经济产量。并且通过对夏闲土地开发可充分利用夏闲期间雨热同季的气候特点,提高降水季节分配与作物生长发育阶段对水分需求特征的吻合度,和全年只种一茬冬小麦相比极大地提高了降水利用效率。

2) 一年二熟各处理在生长年度内单位土地产出量较对照大为提高,经济效益明显增加,特别是复种大豆和玉米效益极其显著,为了全面评价种植模式的效益还需要引入水分利用效率与耗氮系数来评价种植模式的技术效益。李军^[12]等运用自主开发的西北黄土高原夏闲地开发可行性决策咨询系统(简称 ESDEFL)对关中平原“冬小麦—谷子”,“冬小麦—大豆”,“冬小麦—玉米”等一年二熟种植模式进行模拟,耗氮系数大小依次为冬小麦—谷子>冬小麦—大豆>冬小麦—玉米,胡恒觉^[13]等对黄土高原半湿润易旱区轮作效应进行研究,认为复种大豆有利于提高土壤有机质,固氮量,和还田根茬量,落叶等物质,有利于微生物活动。说明冬小麦夏闲期以接茬复种大豆和玉米耗氮系数相对较低,体现了氮素的高效利用。而本研究的结果也从水分利用效率和经济收益两方面着手进行了评价,经济效益的大小顺序表现为冬小麦—玉米>冬小麦—大豆>冬小麦—谷子,水分利用效率的顺序为冬小麦—玉米>冬小麦—谷子>冬小麦—大豆,而“冬小麦—谷子”复种方式的水分利用效率在仅仅比“冬小麦—大豆”复种方式高 $0.36 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{mm})$ 的情况下,经济效益却相差 $3\ 703 \text{ 元}/\text{hm}^2$,用水并不经济。

3) 本研究是在平水年份下进行的,一年二熟种植模式水分满足率很高,可以充分利用降水资源,较大的发挥前后两茬作物的产量潜力,基本能反映常年的情况,但近十几年来气候干旱趋于少雨,应该完善对干旱年份的试验内容。另外,即使是在水分相对欠缺年份,只要有一茬作物生长期间雨水较好时候仍然能维持全年产量的相对稳定,避免产量大幅度波动,提高了种植业系统的防抗灾能力,但在特别干旱的年份(如 1977 年降水量为 327.1 mm)气候条件下,一年二熟的整体产量将明显受制于水分状况,

另据张松令^[14]等人在山西省浮山县研究表明,即使在极干旱年份进行一年二熟对全年生物产量仍有增益作用。

4 结论

1) 冬小麦一熟的种植方式夏闲期间光热水资源浪费严重,土地闲置,一年二熟增加了年光合作用的时间,可以提高本时期农业气候资源的利用程度和单位面积土地生产力,全年生物产量,经济产量均较小麦一熟高,小麦生产系统的物质循环明显加强。增加复种指数开发夏闲地同时有利于在一定程度上缓解粮、经、饲争地的矛盾。

2) 正常年份复种期间水分满足状况良好,“冬小麦—谷子”、“冬小麦—大豆”、“冬小麦—玉米”三种模式的水分满足率分别为 100% 、 87.7% 、 95.6% ;不同方式复种结束后基本不影响或较少影响下茬小麦播前底墒,复种谷子、大豆、玉米后分别比夏闲田减少蓄水 0.5 、 25.2 、 37.2 mm ,以少量降低土壤贮水量为代价换取了大量的夏闲生物产量和经济产量,水分资源的持续利用性很高;一年二熟模式水分利用效率比对照高 $1.94 \sim 9.37 \text{ kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{mm})$ 、经济效益对对照高 $1322.0 \sim 7734.9 \text{ 元}/\text{hm}^2$,显示其具有高效性。

3) 不同模式效益增进幅度存在较大区别,经济效益、水分利用效率以“冬小麦—玉米”为最高,土壤水分资源的持续利用性以“冬小麦—谷子”最好。综合考虑该区的自然资源状况,在旱作农田下最优的“一年二熟”种植模式为“冬小麦—玉米”,“冬小麦—大豆”。

参考文献:

- [1] 邓新民,韩思明.旱地农田土壤水分之研究[J].农田生态研究资料,1997,(5):1—12.
- [2] 廖允成,付增光,韩思明,等.黄土高原旱作农田降水资源高效利用[M].西安:陕西省科学技术出版社,2003.1—2.
- [3] 韩思明,王虎全,李岗.渭北塬区夏闲地高效利用技术研究[J].干旱地区农业研究,2000,18(4):8—12.
- [4] 李军,王立祥.西北黄土高原实行多熟种植开发夏闲地的气候可能性分析[J].干旱地区农业研究,1993,11(3):83—92.
- [5] 籍增顺,张松令,张鸿杰,等.山西旱地休闲期资源可持续开发利用研究[J].山西农业科学,1997,25(2):22—25.
- [6] 温晓霞,韩思明,赵霞霞,等.旱作小麦地膜覆盖生态效应研究[J].中国生态农业学报,2003,11(2):93—95.
- [7] 韩思明,王虎全.旱作地膜覆盖穴播小麦底墒与产量关系[J].西北农林科技大学学报,2001,29(2):91—94.
- [8] 刘文国,张建昌,曹卫贤,等.旱作小麦不同栽培条件对土壤水分利用效率的影响[J].西北农业学报,2006,15(5):47—51.

- [9] 任广鑫,杨改河,张正茂,等.渭北旱塬地膜小麦栽培技术体系研究[J].西北农林科技大学学报,2002,30(2):27-31.
- [10] 信乃谄,王立祥.中国北方旱区农业[M].南京:江苏科学技术出版社,1998.83-84.
- [11] 胡芬,陈尚模.寿阳试验区玉米地农田水分平衡及其覆盖调控试验[J].农业工程学报,2000,16(4):146-148.
- [12] 李军.黄土高原地区种植制度研究[M].杨凌:西北农林科技大学出版社,2004.32-150.
- [13] 胡恒觉,张仁陟,黄高宝,等.黄土高原旱地农业——理论、技术、潜力[M].北京:中国农业出版社,2001.303-304.
- [14] 张松令,张鸿杰,徐建兵,等.旱地夏闲期利用一年两熟种植制度的研究[J].山西农业科学,1997,25(2):22-25.

Study on effect of double-cropping system on moisture of dry farmland in the southeast Loess Plateau

—A case study of Yangling

XIONG Xiao-rui¹, LIAO Yun-cheng¹, GAO Mao-sheng¹, WEN Xiao-xia¹,
LIU Yang¹, XIE Zhi-jin², YAO Gui-jun²

(1. College of Agronomy, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100;

2. Institute of Agricultural Sciences, Luochuan, Shaanxi 727400, China)

Abstract: In order to observe soil water dynamics and water consumption in different multiple cropping systems by regarding it as a whole, analysis was made of soil water dynamics, water satisfied rate, daily water consumption and yield of different treatments. The results showed that: planting two crops in a year under the condition of 640 mm annual mean rainfall in the Loess Plateau conducted to the substantial use of solar and water resources in summer fallow, the biomass yield, economical yield and water use efficiency was improved in different degrees, and the material cycle was enhanced. The daily water consumption of treatment III and treatment IV were only higher by 0.07 mm/d and 0.1 mm/d compared with the contrast, treatment II was equal to the contrast. The best economic returns of multiple cropping systems were “wheat—maize”. The best sustainability of soil water is “wheat—foxtail millet”. In the premise of significant economic benefits, multiple cropping systems can be sustainably developed. The optimum multiple-cropping systems with efficient resources utilization and high economic benefits are “wheat—maize” and “wheat—soybean”.

Keywords: the southeast Loess Plateau; dry farmland; double-cropping system; daily water consumption; water use efficiency