太行山前平原不同种植模式水资源利用效率分析

马　丽，隋　鹏，高旺盛*，李丰蓉
（中国农业大学 农学与生物技术学院 区域农业发展研究中心，北京 100094）

摘　要：太行山前平原作物种植模式主要为冬小麦—夏玉米，单一的高耗水种植模式在一定程度上造成了该地区的水资源缺乏。以麦—玉模式作为对照，本试验研究比较了太行山山前平原 7 种作物模式周年耗水量、水分利用效率以及水分经济利用效率，比较得出水资源利用效率较高的作物模式，发展节水农业。试验结果表明：通过比较各模式周年耗水量，其中麦—玉系统耗水量最大为 736.1 mm；苜蓿总耗水 WUE 最大，为 23.97 kg/(mm·hm²)；春甘薯的总耗水 EWUE 最大，为 38.08 元/(mm·hm²)，比麦—玉模式高 46.9%。试验的几种模式均比麦—玉复种耗水少，具有节水潜力；从水分利用效率的比较结果来看，可以采用适当面积的苜蓿来替代麦—玉模式，替代其生产饲料粮的功能；从水分经济利用效率结果考虑，则应该在满足冬小麦、夏玉米需求的情况下压缩此种种植模式面积，代之以苜蓿、甘薯、花生和青贮玉米等高效益作物。

关键词：太行山山前平原；作物；生物产量；水分利用效率；水分经济利用效率；种植模式
中图分类号：S 318；S 274.3　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1000-7601(2008)02-0177-07

太行山山前平原是华北平原粮食主产区，冬小麦—夏玉米模式具有区域比较优势[1]。该区是以抽取地下水为主要水源的灌溉农业区，偏旱年冬小麦需补水灌溉 1 320～2 640 m³/hm² 能确保丰收[2]。高耗水的麦—玉作物生产系统是造成该区水资源的匮乏、地下水水位下降的一个主要原因[3]。

前人对于不同作物模式的比较评价主要体现在产量、经济效益，光能、热能利用上[4]，以及在此基础上的生态、社会效益等较为宏观的综合效益的评价[5,6]，同时也有不同作物模式下的土壤物理状况与生物特性的研究[6,7]与土壤养分平衡、施肥模式的研究[7~10]。对于同一作物不同处理水平定位试验研究也较多[11~15]，且集中于作物生育期内用水、耗水分析[16~18]，而对不同种作物模式的水分利用效率的比较少[19,20]，同一年内、不同作物周年水分利用比较研究则更少[21~23]。本文以小麦—玉米一年两熟模式为对照，在定位试验研究的基础上，分析同一年内、不同作物模式周年的水分消耗，揭示了不同作物模式在常规种植条件下的周年耗水量、产量、产值、效益和水分利用效率，为河北省太行山前平原开展节水型种植业系统提供参考依据。

1　材料与方法

1.1　试验地自然概况

本试验在河北石家庄中科院栾城农业生态野外实验站(37°50′N，114°40′E)进行，海拔 50.1 m。本站多年平均降水量 480.7 mm，主要集中在 7～9 月，雨热同期，属暖温带半湿润、半干旱季风气候。光热资源丰富，年总辐射量 5433 kJ/cm³，年日照时数 2 608 h，年平均气温 12.3℃，≥0℃的积温 7 410℃。其光温条件完全满足一年两熟(麦—玉两熟所需最低积温 4400℃)的需求。试验田土层深厚，土壤为褐土类灰黄土种，饱和体积含水量为 44.1%，田间体积持水量为 35.4%，凋萎体积含水量为 13.2%[24]。本区种植制度以一年两熟或两年三熟为主，主要作物除小麦、玉米外，棉花、花生、大豆在该区也有种植。

1.2　田间试验设计

试验时段为 2004 年 10 月～2005 年 11 月，共 8 种作物：冬小麦、夏玉米、春大豆、春花生、棉花、春甘薯、苜蓿、青贮玉米，小区面积 30 m²(7.5 m×4 m)，3 次重复，随机区组排列，隔离带宽 1 m。7 种模式如下：(1) 麦—玉模式，一年两熟，冬小麦 2004 年 10 月 2 日播种，2005 年 6 月 4 日收获，夏玉米 2005 年

收稿日期：2007-07-11；**修改日期**：2007-11-03
基金项目：国家自然科学基金项目(30471010)；国家科技支撑计划“粮食主产区农田生态健康管理关键技术研究与示范”(2006BAD02A15)
作者简介：马　丽(1981—)，女，山西太原人，硕士研究生，研究方向为节水种植制度。E-mail：malifree117@163.com.
*　**通讯作者**：高旺盛，E-mail：wshgao@cau.edu.cn.

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

6月7日播种,9月30日收获;(2) 春大豆一熟模式于2005年4月20日播种,地膜覆盖,9月17日收获;(3) 春花生一熟模式,种植方法同春大豆;(4) 春棉一熟模式,2005年4月20日播种,地膜覆盖,11月14日收获;(5) 春甘薯一熟模式,2005年5月2日下秧,9月30日收获;(6) 苜蓿为第三年(一年四收),2005年3月1日返青,收获时间分别为,5月8日、6月12日、7月15日、11月4日,鲜重分别为32 298.61、14 437.50、10 215.29和8 059.72 kg/hm^2;(7) 青贮玉米一熟模式,2005年4月20日播种,9月19日收获。各处理水肥等田间管理均按常规管理,田间管理措施见表1。灌水时利用软管人工浇灌,出水口接水表计算出水量。

表1 不同作物田间模式水肥管理措施

Table 1 The water and fertilizer management to different crop patterns

管理措施 Management		冬小麦 Winter wheat	夏玉米 Summer maize	春大豆 Spring soybean	棉花 Cotton	春甘薯 Sweet popato	春花生 Spring peanut	苜蓿 Alfalfa	青贮玉米 Silage maize
灌水量 Irrigation(mm)		225	105	150	225	150	150	225	225
灌水时期 Time of irrigation		越冬,拔节,灌浆 Overwinter, jointing, filling	播种,拔节 Sowing, jointing	播种,花芽分化,结荚期 Sowing, differentiation of flower bud, forming pods	播种,现蕾,吐絮 Sowing, showing flower bud, boll opening	下秧,生育中期两次 Planting seedling, twice in middle of growth period	播种,开花下针,结荚期 Sowing, flowering, forming pods	04—12, 06—14, 07—06	播种,拔节,抽雄 Sowing, jointing, Tasselling
施肥量 Fertilizer (kg/hm^2)	N	225	180	60	390	70	75	170	165
	P_2O_5	112.5	105	120	90	97	60	13	75
	K_2O	225	75	135	99	128	135	150	75

注:冬小麦、棉花、苜蓿、青贮玉米灌水为75 mm/次;春大豆、春甘薯、春花生播种水为30 mm/次,灌水为60 mm/次;夏玉米播种水30 mm/次,拔节水为75 mm/次。

Note: winter wheat, cotton, alfalfa, silage maize, is irrigated 75 mm/time; spring soybean, sweet potato, spring peanut, is irrigated 30 mm/time for sowing and 60 mm/time; summer maize is irrigated 30 mm/time for sowing and 75 mm/time for jointing.

1.3 试验方法

1.3.1 土壤贮水量变化测定 测定深度0~180 cm,20 cm分层。表层土壤(0~20 cm)含水量用烘干法,20 cm以下土壤含水量用中子水分测定仪(L 520型)测定,每10 d测定1次,在灌水前降水后加测1次。某层土壤贮水量(mm) = 某层土壤体积含水量(cm^3/cm^3) ×土层厚度(mm),180 cm剖面内各层土壤贮水量相加即得出总土壤贮水量。

1.3.2 各作物收获方法及产量测定 冬小麦、春大豆、春花生成熟后小区内全部收获,风干后测定小区实际产量;夏玉米取10穗室内考种,小区全部收获,风干后测定小区产量;棉花,成熟期分批收获,测定小区内总产,并将籽棉产量按1∶0.35折合成皮棉产量;春甘薯成熟期测定小区内产量;苜蓿,全田20%开花时刈割,并测得鲜重及烘干重,本季共收割4次;青贮玉米,在玉米灌浆中期收获,测定小区地上部总产量。

1.3.3 各作物干物质产量测定 各作物收获后,每小区取3株鲜样在80℃条件下烘干,测定生物干物质产量。

1.3.4 水分利用效率、水分经济利用效率的计算 水分利用效率WUE〔kg/(mm·hm^2)〕=产量(kg/hm^2)/耗水量(mm)

水分经济利用效益EWUE〔yuan/(mm·hm^2)〕=效益(yuan/hm^2)/耗水量(mm)

1.4 数据分析

不同处理的试验结果,经EXCEL软件整理后用新复极差法分析比较各处理间的差异($P<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同作物模式土壤水分消耗

2.1.1 试验地降水 图1为试验地2004年10月~2005年11月降水资料与同期多年平均降水资料,2005年降水与多年平均降水基本保持一致,主要集中在7、8、9月,分别是136.6、100.2和68.8 mm,总和305.6 mm,为太行山山前平原的主要降水时期,且与此期多年平均降水总和307.5 mm基本相同,占全年降水的74%,冬春季节的降水量较少。除冬小麦以外,作物对于水分的利用主要集中

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

在这一时期,因此降水量的多少是作物能否高产的关键因素。2005 年 5 月降水比多年平均多 85.5%,而 6 月份则比多年平均少 64.9%。

2.1.2　**不同作物模式土壤水分消耗及总耗水量比较**　土壤水分消耗测定时间为 2004 年 10 月 2 日和 2005 年 11 月 11 日。从表 2 中可以看出冬小麦—夏玉米复种模式周年总耗水量为 736.1 mm,仍然是该区的最主要的高耗水作物生产体系,其他作物模式同一时期耗水量均小于麦—玉系统。耗水量较少的是春花生、春大豆和春甘薯,分别为 582.7、581.6 和 567.8 mm,分别比冬小麦—夏玉米少 20.84%、20.99% 和 22.86%,他们之间差异不显著。由此可见,试验的几种种植模式与麦—玉模式相比均具有节水潜力,依潜力由大到小排序为:春甘薯>春大豆>春花生>青贮玉米>棉花>苜蓿>冬小麦—夏玉米。

表 2　不同作物水分消耗及其组成(mm)

Table 2　The water consumption and components of different crops

作物模式 Cropping pattern	降水量 Rainfall	灌溉量 Irrigation	2004 年 10 月 2 日土壤贮水量 Soil water content on Oct. 2, 2004	2005 年 11 月 11 日土壤贮水量 Soil water content on Oct. 2, 2004	周年耗水量 Total water used ET
冬小麦—夏玉米两熟 Winter wheat + summer maize	432.7	330	279.50	306.10	736.1a
苜蓿一熟 Alfalfa	432.7	225	324.53	271.53	710.7a
棉花一熟 Cotton	432.7	225	305.86	291.56	672.0a
青贮玉米一熟 Silage maize	432.7	225	333.32	320.52	670.5b
春花生一熟 Spring peanut	432.7	150	299.85	299.85	582.7b
春大豆一熟 Spring soybean	432.7	150	307.76	308.86	581.6b
春甘薯一熟 Spring sweet potato	432.7	150	327.09	341.99	567.8b

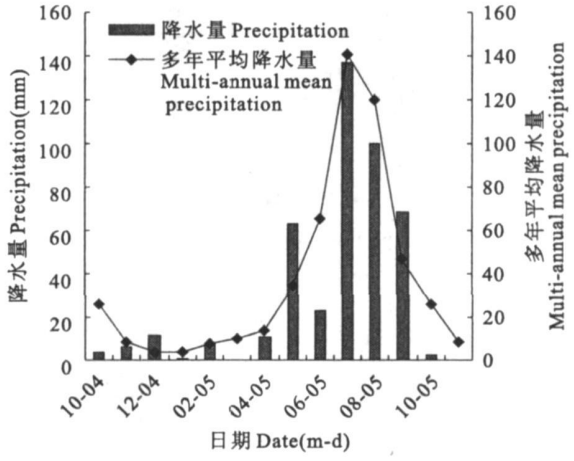

图 1　试验地点降水

Fig. 1　The rainfall of experiment station

注:降水量资料由石家庄中科院栾城农业生态系统实验站提供。

Note: Rainfall data was provided by Luancheng Agricultural Ecosystem Experimental Station.

2.1.3　**不同作物模式土壤水分垂直变化**　作物土壤贮水量垂直变化可以反映作物生育期内对于土壤贮水的利用层次,不同作物表现不同。图 2 七种作物模式中,麦—玉模式和苜蓿模式消耗的土壤深层水分较多;春甘薯的表层土壤水分表面上得到了回补,深层土壤水分被少量消耗;春花生消耗表层 20 cm 和 80~140 cm 土层的水分,而 20~80 cm 土层水分是少量回补的;春大豆表层 20 cm 土壤水分被消耗,20~100 cm 土壤水分得到回补,深层贮水量变化不明显;春棉土壤贮水量减少层次为 0~20 cm 和 40~100 cm,而 20~40 cm 的土壤水分得到回补;青贮玉米的土壤水分消耗层次为 0~140 cm,而 140~180 cm 变化不明显。

2.2　不同作物产量及水分利用效率比较

从表 3 中可以看出,苜蓿、冬小麦—夏玉米和青贮玉米产量较高,它们之间差异不显著。本试验中麦—玉模式与春甘薯一熟模式的生物产量显著高于其它作物,棉花的生物产量最小。比较不同作物的水分利用效率之后,苜蓿的总耗水量水分利用效率最高为 23.97 kg/(mm·hm^2),比麦—玉模式高 9.7%。几种作物模式周年耗量水分利用效率排序为:苜蓿>青贮玉米>冬小麦—夏玉米>春甘薯>春花生>春大豆>春棉。就生物产量水分利用效率而言,春甘薯的生物产量水分利用效率最高,为 67.73 kg/(mm·hm^2),麦—玉模式次之,为 55.02 kg/(mm·hm^2),显著高于其它作物模式,麦—玉模式与春甘薯一熟模式生物产量水分利用效率差异不显著。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

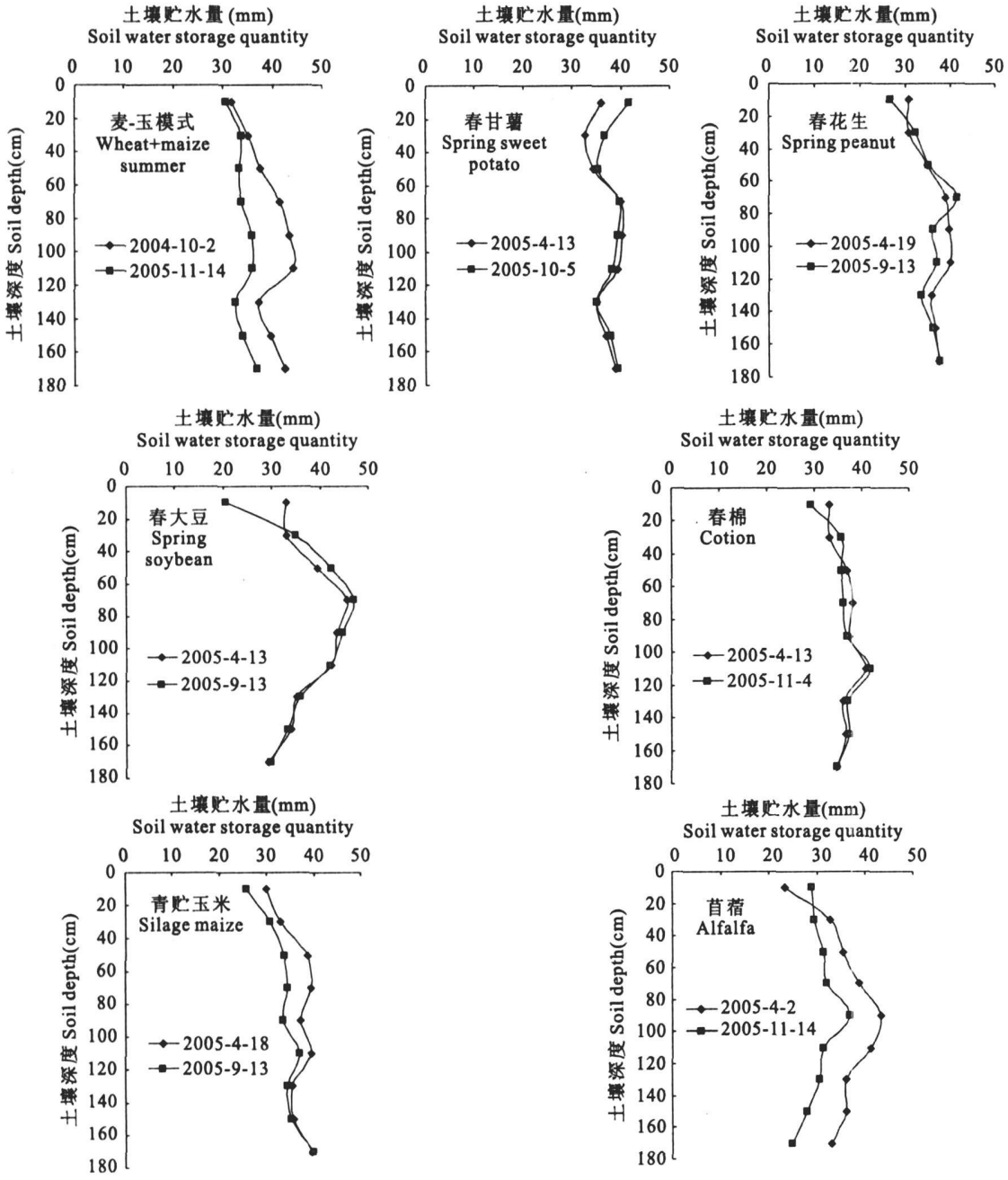

图2 不同作物土壤贮水量垂直变化

Fig.2 Vertical variation of soil water content in different crop patterns

2.3 不同作物水分经济利用效率

比较各作物产值(见表4),春甘薯最高为24 229.33 yuan/hm^2,且春甘薯、青贮玉米以及冬小麦—夏玉米模式之间的产值差异不显著。从周年耗水量的水分经济利用效率(ET EWUE)来看,春甘薯最高为39.79 yuan/(hm^2·mm)比冬小麦—夏玉米种植模式高出83.5%,春大豆最低为7.99 yuan/(mm·hm^2)低于麦玉模式63.1%。几种作物模式的周年耗水量的水分经济利用效率排序为:春甘薯>春花生>青贮玉米>冬小麦—夏玉米>春棉>苜蓿>春大豆。

3 结 论

不同作物对于土壤水分的消耗层次是不同的,麦—玉模式和苜蓿模式消耗了土壤深层水分较多,春甘薯深层土壤水分被少量消耗,春花生消耗表层20 cm和80~140 cm土层的水分,春大豆表层20 cm土壤水分被消耗,深层贮水量变化不明显,春棉土壤贮水量减少层次为0~20 cm和40~100 cm,青贮玉米的土壤水分消耗层次为0~140 cm,而140~180 cm变化不明显。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 3　不同作物产量及水分利用效率比较

Table 3　Yield and WUE of different cropping patterns

作物模式 Crop pattern	经济产量 Economic yield (kg/hm^2)	产量 Yield (kg/hm^2)	生物产量 Biomass production (kg/hm^2)	水分利用效率 ET WUE [kg/(hm^2·mm)]	生物产量水分利用效率 Biomass ET WUE [kg/(hm^2·mm)]
苜蓿一熟 Alfalfa	65011.11	17037.32$_{a}$	16526.2$_{b}$	23.97$_{a}$	23.25$_{b}$
冬小麦—夏玉米两熟 Winter wheat +summer maize	16082.28	16082.28$_{a}$	40496.88$_{a}$	21.85$_{ab}$	55.02$_{a}$
青贮玉米一熟 Silage maize	74666.67	14341.59$_{ab}$	13911.34$_{b}$	21.39$_{ab}$	20.75$_{b}$
春花生一熟 Spring peanut	3816.67	7633.33$_{bc}$	6939.39$_{b}$	13.10$_{b}$	11.91$_{b}$
春甘薯一熟 Spring sweet potato	28844.44	5768.89$_{c}$	38459.26$_{a}$	10.16$_{c}$	67.73$_{a}$
春大豆一熟 Spring soybean	2133.33	4266.67$_{c}$	10666.67$_{b}$	7.34$_{c}$	18.34$_{b}$
棉花一熟 Cotton	2466.67	2466.67$_{c}$	6577.78$_{b}$	3.67$_{c}$	9.79$_{b}$

注:春甘薯的经济产量按鲜重的 1/5 折算。春花生、春大豆的产量按 2∶1 折算成粮食产量。青贮玉米和苜蓿以干重统计。

Note: The economic yield of sweet potato is counted with 1/5 of their fresh weight. The yield of spring peanut and spring soybean converted into that of grain with the ratio of 2∶1. The production of alfalfa was the statistic value of dry matter.

表 4　不同作物产值及水分经济利用效率比较

Table 1　The production value and EWUE of different cropping pattern

作物模式 Cropping pattern	产品产值 Product value (yuan/hm^2)	副产品产值 Byproduct value (yuan/hm^2)	总产值 Total output value (yuan/hm^2)	成本 Cost (yuan/hm^2)	效益 Benefit (yuan/hm^2)	水分经济利用效率 ET EWUE [kg/(hm^2·mm)]
春甘薯一熟 Spring sweet potato	20191.11	4038.22	24229.33$_{a}$	1635.00	22594.33$_{a}$	39.79$_{a}$
冬小麦—夏玉米两熟 Winter wheat +summer maize	19522.11	1231.27	20753.38$_{ab}$	1260.00	15960.38$_{ab}$	21.68$_{b}$
青贮玉米一熟 Silage maize	17920.001	0.00	17920.0$_{ab}$	2872.50	15047.50$_{b}$	22.44$_{b}$
春花生一熟 Spring peanut	15266.68	229.00	15495.68$_{b}$	2775.00	14235.68$_{b}$	24.43$_{b}$
苜蓿一熟 Alfalfa	13002.222	0.00	13002.22$_{bc}$	1320.00	11682.22$_{bc}$	16.44$_{bc}$
棉花一熟 Cotton	13813.352	222.00	14035.35$_{b}$	4793.00	11260.35$_{bc}$	16.76$_{bc}$
春大豆一熟 Spring soybean	5759.991	149.33	5909.32$_{c}$	1260.00	4649.32$_{c}$	7.99$_{c}$

注:农产品价格为当季市场收购价格:春甘薯 0.7 元/kg、春花生 4 元/kg、青贮玉米 0.24 元/kg、皮棉 16 元/kg、苜蓿 0.3 元/kg、冬小麦 1.46 元/kg、夏玉米 1.04 元/kg、春大豆 2.7 元/kg。

Note: present market price: spring sweet potato 0.7 yuan/kg, spring peanut 4 yuan/kg, silage maize 0.24 yuan/kg, cotton 16 yuan/kg, alfalfa 0.3 yuan/kg, winter wheat 1.46 yuan/kg, summer maize 1.04 yuan/kg, spring soybean 2.7 yuan/kg.

不同作物模式总耗水量结果显示,冬小麦—夏玉米复种模式周年耗水量最高为 736.1 mm,仍然是该区的最主要的高耗水作物生产体系。经过比较,几种种植模式的周年耗水量排序为:冬小麦—夏玉米>苜蓿>春棉>青贮玉米>春花生>春大豆>春甘薯。苜蓿的周年耗水量水分利用效率最高为 23.97 kg/(mm·hm^2),几种种植模式ET WUE 排序为:苜蓿>青贮玉米>冬小麦—夏玉米>春甘薯>春花生>春大豆>春棉,苜蓿、青贮玉米以及麦—玉模式 3 种模式周年耗水量差异不显著。总耗水量的水分经济利用效率春甘薯最高为 39.79 yuan/(hm^2·mm),比冬小麦—夏玉米种植模式高出 83.5%,春大豆最低为 7.99 yuan/(hm^2·mm) 低于冬小麦—夏玉米模式 63.1%。几种种植模式ET EWUE 排序为:春甘薯>春花生>青贮玉米>冬小麦—夏玉米>春棉>苜蓿>春大豆。

4　讨　论

1) 麦—玉模式仍然是该区高耗水的作物系统,其他几种模式的总耗水量均比麦—玉模式低,具有节水潜力。因此,可以考虑在保证基本粮食供给的基础上适当地减少麦—玉播种面积,代之以低耗水

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

的作物辅助模式,来缓解地下水连年超采带来的生态恶化问题。

2) 作为粮食的麦—玉模式在这里有着不可替代的重要地位[25],对于该区的粮食贡献有积极作用。春甘薯的生物产量水分利用效率最高,麦—玉模式次之,说明它们对于单位耗水量所能够生产的生物产量最多。因此就生产干物质方面来讲,可以选择春甘薯模式来部分替代麦—玉模式。

3) 水分利用效率的高低直接反映了作物对水分的利用程度,是相对节水能否实现的主要指标之一。从生产粮食的功能角度来看,冬小麦—夏玉米模式具有重要地位,其它作物都无法承担。相比之下,麦—玉模式的这种相对节水的潜力在几种模式中很高,但是要实现绝对节水还需压缩该种植模式的面积。青贮玉米和春甘薯不仅对于该区的相对节水有很大作用,同时在实际耗水量的比较结果中,它们的值也显著低于麦—玉模式。因此,可以用适当面积的青贮玉米和春甘薯与麦—玉模式进行年季间的搭配,做到布局型节水种植模式,实现周年节水,而不只是单季作物节水。

参 考 文 献:

[1] 李 军,刘静航.华北平原节水农业作物布局空间决策系统研究[J].资源科学,1998,20(4):19—28.

[2] 高旺盛.中国区域农业协调发展战略[M].北京:中国农业大学出版社,2004.36—42.

[3] 郭长城,刘孟雨,张喜英,等.河北栾城农业水资源供需状况及优化利用研究[J].干旱地区农业研究,2004,22(2):159—163.

[4] 逄焕成,陈 阜.黄淮平原不同多熟模式生产力特征与资源利用效率研究[J].自然资源学报,1998,13(3):198—205.

[5] 黄国勤,刘秀英,刘隆旺,等.红壤旱地多熟种植系统的综合效益评价[J].生态学报,2006,26(8):2533—2539.

[6] 梁银丽,由海霞,陈志杰,等.设施农业不同种植模式系统生产力与土壤生物特性研究[J].水土保持学报,2006,20(4):163—165.

[7] Varvel G E. Soil organic carbon changes in diversified rotations of the western corn belt[J]. Soil Science Society of America Journal, 2006,70(2):426—433.

[8] 戴树荣.花生—甘薯轮作制平衡施肥模式的研究[J].植物营养与肥料学报,2003,9(1):123—125.

[9] Hansen J P, Eriksen J, Jensen L S. Residual nitrogen effect of a dairy crop rotation as influenced by grass-cover ley management, manure type and age[J]. Soil Use and Management, 2005,21:278—286.

[10] Ragnar Eltun, Audun Korsath, Olav Nordheim. A comparison of environmental, soil fertility, yield, and economical effects in six cropping systems based on an 8-year experiment in Norway[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2002,90:155—168.

[11] Gunnar Torstensson, Helena Aronsson, Lars Bergstorn. Nutrient use efficiencies and leaching of organic and converentional cropping systems in Sweden[J]. Agronomy Journal, 2006,98(3):603—621.

[12] 肖俊夫,刘战东,段爱旺,等.不同灌水处理对冬小麦产量及水分利用效率的影响研究[J].灌溉排水学报,2006,25(2):20—23.

[13] 董国锋,成自勇,张自和,等.调亏灌溉对苜蓿水分利用效率和品质的影响[J].农业工程学报,2006,22(5):201—203.

[14] 张胜爱,马吉利,崔爱珍,等.不同耕作方式对冬小麦产量及水分利用状况的影响[J].中国农学通报,2006,22(1):110—113.

[15] 刘德林,刘贤赵.控制性分根交替滴灌对玉米蒸腾日变化和WUE的影响[J].节水灌溉,2006,(1):9—12.

[16] 姜 杰,张永强.华北平原灌溉农田的土壤水量平衡和水分利用效率[J].水土保持学报,2004,18(3):61—65.

[17] Mei Yu, Yichun Xie, Xinshi Zhang. Quantification of intrinsic water use efficiency along a moisture gradient in Northeastern China[J]. Journal of Environmental Quality, 2005,34(4):1311—1318.

[18] Warwick N Stiller, John J Read, Gregory A Constable, et al. Selection for water use efficiency traits in a cotton breeding program: cultivar differences[J]. Crop Science, 2005,45:1107—1213.

[19] 柴 强,高育峰,黄高宝.绿洲灌区多熟种植现状潜力与开发对策——以张掖市甘肃区为例[J].甘肃农业大学学报,2005,12(6):832—836.

[20] 李凤霞,黄 峰,徐阳春,等.春小麦不同种植模式水分利用效率比较[J].节水灌溉,2002,(3):15—16,46.

[21] Jalota S K, Arora V K. Model-based assessment of water balance components under different cropping systems in north-west India[J]. Agricultural Water Management, 2002,57:75—87.

[22] 郭清毅,黄高宝.保护性耕作对旱地麦—豆双序列轮作农田土壤水分及利用效率的影响[J].水土保持学报,2005,19(3):165—169.

[23] Jalota S K, Arora V K. Model-based assessments of water balance component under different cropping systems in north-west India[J]. Agricultural Water Management, 2002,57:75—87.

[24] 张喜英,袁小良,由懋正.太行山山前平原土壤水分动态规律[A].王绍仁,曾江海,吕富保.生态农业实验研究[C].北京:中国科学技术出版社,1994.106—112.

[25] 赵秉强,张福锁.黄淮海农区粮食超高产种植制度及其技术对策[J].农业现代化研究,1999,20(3):180—183.

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

Water resources use efficiency of different cropping patterns in the Piedmont of Mt. Taihang

MA Li, SUI Peng, GAO Wang-sheng*, LI Feng-rong
(Regional Agricultural Research Center, College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract: As is known to all, the main cropping pattern is winter wheat-summer maize pattern which has lead to the lack of water resources gradually at a certain extent in the North China Plain. The purpose of the research is to find crops of high efficiency of water resources use; we compared the water consumption, WUE and EWUE of 7 different cropping patterns in plateau of central Hebei Province in the piedmont of Mt. Taihang. The research result indicated that the highest consumption of water in those patterns was winter-wheat & summer-maize system, which was 736.1 mm. The ET WUE of alfalfa was 23.97 kg/(mm·hm^2) which was the biggest one of 7 patterms. ET EWUE of sweet potato was higher than any other modes, about 38.08 kg/(mm·hm^2) which was 46.9% higher than winter-wheat + summer-maize pattern. All of other 6 crop planting patterns, whose water consumption was lower than wheat + maize pattern, so they had potential for water saving. According to the comparison of ET WUE we could adopt alfalfa as substitution of winter wheat + summer maize pattern, which would be used as feeding stuff to herd. Considering the research result of EWUE, winter wheat + summer maize pattern should be substituted in certain area for the more efficient patterns such as alfalfa, sweet potato, peanut and silage maize etc., under the condition that the market demand is not influenced.

Key words: piedmont of Mt. Taihang; crop; biomass production; WUE; EWUE cropping pattern

(上接第 153 页)

[10] 高前兆,李小雁,俎瑞平.干旱区供水集水保水技术[M].北京:化学工业出版社,2005.220—223.
[11] 严瑞宣.水处理剂应用手册[M].北京:化学工业出版社,2003.472—484.
[12] 吴普特,黄占斌,高建恩,等.人工汇集雨水利用技术研究[M].郑州:黄河水利出版社,2002.99—100.

Monitoring analysis on water quality change of a new kind of rubber-plastic cellar

WANG Guang-zhou[1,3], GAO Jian-en[1,2,3*], XIAO Ke-biao[2,3], FAN Heng-hui[1,2,3], YANG Shi-wei[1,2,3]
(1. Research Centre of Soil and Water Conservation & Eco-environment, Chinese Academy of Sciences and Education Ministry, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. National Engineering Research Centre for Water Saving Irrigation at Yangling, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: By monitoring the indexes of chemistry, sense, toxicology and bacteriology of the water stored in the rubber-plastic cellar, this paper analyzes its influence on water quality change. The result indicates that most indexes can meet the secondary standard of environment quality criterion of surface water, and the rubber-plastic cellar has no bad effect on water quality, so the water can be used as water source of drinking and irrigation. According to the results, the paper puts forwards some measures to improve the water quality, such as active carbon, flocculating agent, optimizing the structure of cellar, white lime and bacterium-killing medication and so on.

Key words: rubber-plastic cellar; water quality; monitoring; cellar water disinfection

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net