河北低平原区早熟玉米 - 谷子种植模式的耗水量与产量研究

李爱国,李和平,宋聪敏,李积铭*,张玉兰*,宋庆荣　(河北省农林科学院旱作农业研究所,河北衡水 053000)

摘要　河北省低平原区是重要的粮食产区,当前粮食作物的主要耕作模式是一年两熟制的小麦 - 玉米轮作制,耗水量较高。在地下水超采综合治理中,农业节水是重要的手段之一。为解决粮食作物高产与节水这一矛盾,笔者研究 2 种粮食作物玉米 - 谷子种植模式,通过调整播期对其生育期进行掌控,并对试验数据进行汇总,与传统模式的耗水量、产量、经济效益进行对比分析,为节水高效栽培提供依据。

关键词　粮食作物;耗水量;种植模式;产量;效益
中图分类号　S318　　**文献标识码**　A　　**文章编号**　0517 -6611(2015)16 -026 -03

粮食是人类赖以生存的物质之一,粮食生产对国计民生至关重要。河北省低平原区农业生产以粮食作物为主,粮食作物以一年两熟制[1]的冬小麦—玉米为主。冬小麦为高耗水作物,浇灌水源主要依赖对地下水的开采[2],其生产用水占河北省农业用水的 70%,占河北省总用水量的 50% 左右[3]。河北省低平原区属半干旱地区,地下水连年严重超采,已经形成了多个较大的地下漏斗区[4],生态环境受到严重影响。地下水超采综合治理已经纳入国家战略。2014 年,河北省出台了相关文件,以调减依靠深层地下水灌溉的小麦种植面积为重点,在衡水、沧州、邢台、邯郸等地的 34 个县(市、区),减少灌溉小麦种植面积 5.07 万 hm^2,减少用水 2 700 m^3/hm^2,实现地下水压采 1.37 亿 m^3[5]。在一年两熟制不变的情况下,调整粮食作物轮作种植方式,选择生育期短的早熟玉米进行春播地膜覆盖,减少土壤水分蒸发量,玉米在 7 月 1 ~5 日前成熟,可实现与下茬作物谷子进行轮作,达到节水高效[6]目标。笔者研究 2 种粮食作物玉米 - 谷子种植模式,通过调整播期对其生育期进行掌控,并对试验数据进行汇总,与传统模式的耗水量、产量、经济效益进行对比分析,为节水高效栽培提供依据。该试验地点设在河北省农林科学院旱作农业研究所试验站内,气候条件、土壤条件与河北省中南部低平原区相同或相近,具有代表性。

1　材料与方法

1.1　供试材料　玉米品种为德美亚 2 号[7]。德美亚 2 号是由德国 KWS 公司选育的早熟、高产、抗逆性强玉米杂交种,河北省低平原区夏播 90 d 左右。在河北省低平原区 3 月中旬地膜覆盖播种,可在 7 月上旬成熟,早春播全生育期 115 d 左右,幼苗拱土能力强,发苗快,耐低温。幼苗期第一叶鞘紫色,第一叶尖端圆匙型、叶片绿色,茎紫色;株高 260 cm、穗位高 88 cm,果穗圆锥型,穗轴红色,成株叶片数 13 片,穗长 18 cm、穗粗 4.5 cm,穗行数 14 ~16 行,在适宜种植区出苗至成熟生育日数为 108 d 左右,需≥10 ℃活动积温 2 000 ℃左右[8]。子粒偏硬粒型、黄色。品质分析结果:百粒重 30.83 g,容重 780 g/L,含粗蛋白 12.48%,粗脂肪 4.6 %,粗淀粉 70.79%,赖氨酸 0.137%[9]。接种鉴定结果:大斑病 3 ~4 级,丝黑穗病发病率 15.6% ~19.1%。

谷子品种为张杂谷 8 号[10]。张杂谷 8 号是由张家口市农业科学院选育的抗除草剂谷子品种,在河北省低平原区 7 月 10 日种植,10 月 1 ~10 日可成熟,生育期 113 ~116 d,绿苗黄鞘,分蘖 0 ~2 个,株高 140 cm 左右,穗长 24 cm。棍棒穗型,穗码松紧适中。千粒重 3 g,抗病抗倒抗旱,白谷黄米适口性好,全生育期需有效积温 2 400 ℃。

对照种植模式为冬小麦—夏玉米模式。冬小麦品种为良星 99[11]。对照冬小麦品种良星 99,由山东良星种业有限公司选育,属半冬性中熟品种,生育期 253 d 左右。幼苗半直立,抗旱性较强,株高 76 cm,株型较紧凑,分蘖力强,成穗率高[12]。叶色浓绿,穗长方形,长芒,白壳,白粒,角质,千粒重 44 ~47 g,平均穗粒数 35.7 个,子粒较饱满。穗数 534 万/hm^2,容重 793.2 g/L。抗倒性强。子粒粗蛋白(干基) 14.42%,湿面筋 31.8%,沉降值 29.8 ml,吸水率 63.3%,形成时间 2.8 min,稳定时间 3.2 min[13]。

对照夏播玉米郑单 958[14]是由河南省农业科学院粮食作物研究所以郑 58 为母本、昌 7 -2 为父本[15]杂交育成的中早熟玉米单交种,植株清秀、株型紧凑,叶片较窄而上冲;株高 235 cm,穗粒高 98 cm。穗筒型,长 17.9 cm,穗粗 5.1 cm,穗行数 14 ~16 行,行粒数 40;白轴,子粒黄色,粒深,结实性好,出子率 88% ~90%,千粒重 300 ~330 g,单穗重一般 180 g 左右[16]。抗倒抗病:根系发达,抗倒性强、耐旱、耐高温、活秆成熟。高抗矮花叶病毒、黑粉病,抗大、小斑病,同时对粗缩病、茎腐病和玉米螟及食叶虫等病虫害也有很好的抗性。

1.2　试验方法

1.2.1　试验目标设定。根据河北省中南部低平原区生产情况及试验小区情况,设定具有代表性的目标产量及水肥管理。通过对 3 月中下旬平均气温变化掌控播期,使地面覆盖早春播玉米在 7 月上旬成熟。在正常年份 4 ~6 月降雨量达到 25 ~40 mm 的情况下,浇灌水控制在 1 500 m^3/hm^2,玉米产量实现 7 500 kg/hm^2 左右目标;下茬作物谷子在 7 月上旬播种,10 月上旬成熟。在正常年份,谷子生育期内降雨量达到 60 ~150 mm 的情况下,将谷子浇灌水控制在 750 m^3/hm^2,实现谷子产量约 4 500 kg/hm^2 的目标。

基金项目　河北省农林科学院财政项目。
作者简介　李爱国(1967 -),男,河北武强人,副研究员,从事作物品种节水栽培研究。* 为共同通讯作者,李积铭,助理研究员,从事作物品种节水栽培研究;张玉兰,高级会计师,从事节水栽培数据分析研究。
收稿日期　2015-04-13

冬小麦播期为 10 月中旬,次年的 6 月上旬成熟。通过对土壤墒情的监测,进行造墒、冬灌、返青拔节水、灌浆水统筹,在正常年份 4～6 月降雨量达到 15～30 mm 的情况下,用水量控制在 2 250 m^3/hm^2 以内,实现产量 6 750 kg/hm^2 的目标。夏播玉米在收获小麦后贴茬播种,种植密度 63 000 株/hm^2,在正常年份,夏播玉米生育期内降雨量达到 150～300 mm 的情况下,浇灌水控制在 750 m^3/hm^2,玉米产量实现 9 000 kg/hm^2 以上目标。

1.2.2　试验田间管理。覆膜玉米播种时间在 3 月中下旬,平均气温稳定在 10～12 ℃,地膜覆盖土壤平均温度在 15～18 ℃,即可地膜覆盖播种玉米。底肥采用复合肥,追肥用尿素。播种前 4～5 d 根据土壤墒情进行定额灌溉造墒,灌溉设备采用多功能水肥一体定额灌溉机[17],通过控制系统调节灌溉水量,达到以墒定水量,且水量均匀一致,墒情均匀适宜。

谷子在玉米成熟后进行精量播种,播种期不晚于 7 月 10 日,试验材料张杂谷 8 号为抗除草剂品种,喷洒专用除草剂,可有效防治杂草。播种期如遇伏旱,可结合前茬玉米灌浆水实现一水两用。因谷子为低秆作物,浇灌水可使用多功能水肥一体定额灌溉机,节水省工省时。底肥采用复合肥,追肥用尿素。灌浆后期,应注意防止鸟食。

对照种植模式冬小麦底肥采用复合肥,追肥用尿素。因小麦为矮秆作物,便于机械操作,造墒、越冬水、返青水、灌浆水均采用多功能水肥一体定额灌溉机,以墒定水量,墒情均匀适宜。其他管理条件与生产相同或相似。夏播玉米播种、施底肥同时进行,底肥用复合肥,播种后浇灌“蒙头水”,出苗前喷洒除草剂。根据降雨量、土壤墒情、生长时期浇灌。试验管理接近当地生产条件。

1.2.3　试验数据采集与计量。试验设 3 个重复,每个重复面积为 667 m^2。播种量与施肥量均按照设计实施(表 1),定额灌溉机安装计量表,计量单位精确到 0.1 m^3,试验计算水量时,每公顷精确至 1 m^3。种植行向为南北走向,收获时将左右两边行舍去,不计入试验产量,试验种植面积按收获面积进行折算。产量数据采集时玉米含水量达到储藏标准为 12%,谷子达到储藏标准 12%,小麦达到储藏标准 12%,数据结果折算为每公顷的产量,计量单位精确至 1 kg/hm^2。

表 1　水肥管理与产量结果

种植模式	品种	播期	播种量	密度	底肥(复合肥)	追肥(尿素)	造墒水	后期灌水	成熟收获期	目标产量	实际产量
		月－日	kg/hm^2	株(穗)/hm^2	kg/hm^2	kg/hm^2	m^3	m^3	月－日	kg/hm^2	kg/hm^2
覆膜玉米－	德美亚 2 号	03－19	28.5	6.3 万	600	375	450	900	07－05	7 500	7 875
谷子模式	张杂谷 8 号	07－07	7.5	72.5 万	600	375	450	600	10－15	4 500	4 050
冬小麦－玉米	良星 99	10－12	210.0	44.5 万	600	375	450	1 500	06－09	6 750	7 290
模式(CK)	郑单 958	06－13	28.5	6.3 万	600	375	450	720	10－08	9 000	9 324

2　结果与分析

2.1　成本计算　由于农资价格的不稳定性,在进行核算时,参考当年价格与前 3 年的平均价格进行核算成本投入。需成本核算的农资价格(P),当年的价格($P1$),3 年的平均价格($P2$),计算公式为:$P = P1 \times 60\% + P2 \times 40\%$,成本投入见表 2。

表 2　成本投入　　元/hm^2

投入项目	覆膜玉米－谷子模式		冬小麦－玉米模式(CK)	
	德美亚 2 号	张杂谷 8 号	良星 99	郑单 958
种子投入	675	825	840	675
耕作费	450	450	750	0
播种费	300	300	300	300
地膜费	240	0	0	0
肥料	1 560	1 560	1 560	1 560
农药	300	450	525	300
人工投入	3 000	2 250	3 750	2 250
水费	1 350	1 050	1 950	1 170
收割费	450	450	450	450
其他	150	200	150	160
合计	8 475	7 535	10 275	6 865

2.2　产出对比　由表 3 可知,通过对比,覆膜玉米－谷子模式的产值高于冬小麦－玉米模式。计算收入时,玉米单价按 2.2元/kg,小麦按 2.3 元/kg,谷子按 5.4 元/kg 计。

表 3　产量、产值对比

种植模式	品种	产量//kg/hm^2	收入//元/hm^2
覆膜玉米－谷子模式	德美亚 2 号	7 875	17 325
	张杂谷 8 号	4 050	21 870
冬小麦－玉米模式	良星 99	7 290	18 954
(CK)	郑单 958	9 324	20 512

2.3　经济效益　采用 1 m^3 水产出的经济效益和每公顷的经济效益为标准,计算公式为:

$$J = Z \div H$$

$$Z = X + Y - M - N$$

$$H = W + V$$

式中,J 为 1 m^3 水产出的经济效益(元/m^3);Z 为种植模式全年每公顷的经济效益(元/hm^2);H 为种植模式全年每公顷的耗水量(m^3/hm^2);X 为前茬作物每公顷的经济产值(元/hm^2);Y 为后茬作物每公顷的经济产值(元/hm^2);M 为前茬作物每公顷的成本支出(元/hm^2);N 为后茬作物每公顷的成本支出(元/hm^2);W 为前茬作物每公顷的耗水量(m^3/hm^2);V 为后茬作物每公顷的耗水量(m^3/hm^2)。J 值越高,则说明 1 m^3 水产生的经济效益越大。在正常范围内,J 值反映了作物的抗旱节水性能。

由表 4 可知,经济效益 Z:覆膜玉米－谷子模式略高于传统冬小麦－玉米模式(CK),基本相当。耗水量 H:覆膜玉米－谷子模式低于传统冬小麦－玉米模式模式(CK)。1 m^3

产出的经济效益:覆膜玉米 - 谷子模式高于传统冬小麦 - 玉米模式(CK)。

表 4 经济效益对比

种植模式	投入成本 $M+N$//元/hm^2	产出 $X+Y$//元/hm^2	经济效益 Z//元/hm^2	耗水量 H//m^3/hm^2	1 m^3 经济效益 J//元/m^3
覆膜玉米 - 谷子模式	16 010	39 195	23 185	2 400	9.66
冬小麦 - 玉米模式(CK)	17 140	39 466	22 326	3 120	7.16

3 结论与讨论

(1)经济效益除受到产量的影响外,也受到价格因素的影响。近年来,玉米、小麦价格虽然逐年提高,但基本稳定在一定范围内。随着人们消费意识的改变和市场的供需变化,谷子 2012 ~2014 年来的价格始终维持在较高水平,市场需求旺盛。覆膜玉米 - 谷子种植模式生物产量虽低于传统模式(CK),但由于谷子价格较高,其经济效益基本与传统模式(CK)相当。

(2)在研究的种植模式与传统种植模式中,投入最多的为人工费,其次为肥料费和浇灌水费。如若取得更大的经济效益,必须进一步实现农业的机械化,减少人工投入。另一方面,由于水资源匮乏,节约农业用水非常必要,让尽可能少的水产生最大化的经济效益是改变种植结构的重要目标之一。在同等的效益下,早熟覆膜玉米 - 谷子种植模式比传统模式(CK)更节水。

(3)粮食是人类的基本生活资料,是国家的重要战略物资[18]。粮食在人类生产生活中承载着无法替代的重要使命,粮食必须稳定在一定的生产水平。在同样用水量和经济效益基本相同的情况下,种植模式的改变应以粮食生产模式为主体。该研究的早熟覆膜玉米 - 谷子种植模式与传统模式(CK)效益相当,但节水效果明显,并且是粮食生产种植模式,值得在适宜区域推广。

参考文献

[1] 王学,李秀彬,辛良杰. 河北平原冬小麦播种面积收缩及由此节省的水资源量估算[J]. 地理学报,2013(5):694 - 704.
[2] 胡景辉,孙丽敏,贺秀珍,等. 河北省低平原中低产类型区种植结构调整过程及趋势分析[J]. 内蒙古农业科技,2013(5):39 - 42.
[3] 张西群,檀海斌,梁建青,等. 低成本小麦微喷灌溉技术研究与效果试验[J]. 河北农业科学,2014(6):45 - 51.
[4] 李瑞森,郭庆宏,傅学功,等. 沧州市水环境恶化的成因及恢复措施[J]. 水利发展研究,2004(8):22 - 24.
[5] 河北省农业厅,河北省财政厅,河北省水利厅. 2014 年度河北省地下水超采综合治理试点调整农业种植结构和农艺节水项目实施方案[R]. 2014:1 - 2.
[6] 石培泽,杨秀英. 垄植玉米控制性隔沟交替灌溉节水高效技术及效应[J]. 甘肃水利水电技术,1999(1):35 - 37.
[7] 张作峰,张崎峰. 黑龙江省黑河地区应对气候变化玉米品种筛选与种植方法探讨[J]. 黑龙江农业科学,2011(4):32 - 34.
[8] 刘亚贤. 德美亚 2 号高产栽培技术[J]. 现代农业科技,2014(14):34 - 36.
[9] 玉米:德美亚 2 号[J]. 农业科技与信息,2013(16):9.
[10] 夏雪岩,马铭泽,杨忠妍,等. 施肥量和留苗密度对谷子杂交种张杂 8 号产量及主要农艺性状的影响[J]. 河北农业科学,2012(1):1 - 5.
[11] 胡娜,谭娟,王竟绍,等. 良星 99 小麦新品种的特征特性及高产栽培技术[J]. 安徽农业科学,2013(36):13860 - 13861.
[12] 王成超,朱峰年,吴清涛,等. 小麦新品种良星 99 稻茬繁种高产栽培技术[J]. 山东农业科学,2008(4):106 - 107.
[13] 胡娜,谭娟,王竟绍,等. 良星 99 小麦新品种的特征特性及高产栽培技术[J]. 安徽农业科学,2013(36):13860 - 13861.
[14] 张玮,左晓龙,张会南,等. 不同密度和施氮量对郑单 958 产量及农艺性状效应的研究[J]. 安徽农业科学,2009,37(13):5910 - 5911.
[15] 李会勇,王利锋,唐保军,等. 玉米单交种郑单 958 遗传结构及杂种优势初步研究[J]. 玉米科学,2009,17(1):28 - 31.
[16] 马行军,韩东风,戴渊. 郑单 958 生长发育特性及高产栽培技术研究[J]. 安徽农学通报,2007,13(21):60 - 61,58.
[17] 李爱国,宋聪敏,李和平,等. 多功能水肥一体定额灌溉机的研制与应用[J]. 安徽农业科学,2014,42(21):7237 - 7238,7258.
[18] 王慧军,李英杰,张建斌. 河北省粮食综合生产能力研究[M]. 石家庄:河北省科学技术出版社,2010:1 - 10.

(上接第 25 页)

[4] 陆兴伦,宾士友,何礼新,等. 广西农作物水肥一体化技术应用现状与发展对策[J]. 广西农学报,2011,26(5):81 - 83,99.
[5] 何小卫,李贤胜,杨平,等. 葡萄水肥一体化技术试验研究[J]. 中国农技推广,2011,27(5):42 - 44.
[6] 邓兰生,林翠兰,涂攀峰,等. 滴灌施肥技术在马铃薯生产上的应用效果研究[J]. 中国马铃薯,2009,23(6):321 - 324.
[7] 谢盛良,刘岩,周建光,等. 水肥一体化技术在菠萝上的应用效果[J]. 福建果树,2009(4):33 - 34.
[8] 陈永顺,李敏侠,董燕,等. 水肥一体化新技术要点及其优势[J]. 现代农业科技,2011(19):298,316.
[9] 刘建英,张建玲,赵宏儒. 水肥一体化技术应用现状、存在问题与对策及发展前景[J]. 内蒙古农业科技,2007(6):32 - 33.
[10] GUREVITCH J,SCHEINER S M,FOX G A. The ecology of plants:Chapter 3[M]. Sunderland,MA:Sinauer Associates,2002.
[11] CHAPIN F S,III,MATSON P A. Principles of terrestrial ecosystem ecology [M]. New York:Springer-Verlag,2011:238 - 241.
[12] 王留运,叶清平,岳兵. 我国微灌技术发展的回顾与预测[J]. 节水灌溉,2000(3):3 - 7.
[13] 徐远军. 微灌技术初探[J]. 农业科技与装备,2014(1):69 - 70.
[14] 周春霞. 简述喷灌技术的特点及应用[J]. 黑龙江科技信息,2008(8):130.
[15] 孙梅英. 喷灌的优缺点及应用范围[J]. 河北农业科技,2000(12):19.
[16] 孟一斌,李久生,李蓓. 微灌系统压差式施肥罐施肥性能试验研究[J]. 农业工程学报,2007,23(3):41 - 45.
[17] 王淼,黄兴法,李光永. 文丘里施肥器性能数值模拟研究[J]. 农业工程学报,2006,22(7):27 - 31.
[18] 杨苞梅,李进权,姚丽贤. 钾钙镁营养对香蕉产量、品质及贮藏性的影响[J]. 中国生态农业学报,2010,18(2):290 - 294.
[19] 马树环. 葡萄需肥特点与施肥[J]. 新农业,2009(2):23 - 24.
[20] 张乐森,孟凡山. 苹果树营养需求特点及施肥技术[J]. 河北果树,2007(5):40.
[21] XIN L,LI X,TAN M. Temporal and regional variations of China's fertilizer consumption by crops during 1998 - 2008[J]. Journal of Geographical Science,2012,22:643 - 652.