

# 河北省马铃薯替代小麦生产的可能性分析

秦军红, 李文娟, 周俊, 谢开云

(国际马铃薯中心亚太中心(中国), 北京 100081)



**摘要** 水资源紧缺和人口增长带来的粮食安全问题是我国农业发展面临的严峻挑战, 谷物生产耗水量大, 而马铃薯具节水特性, 使得以马铃薯替代传统谷物生产的呼声越来越高。为了研究马铃薯替代谷物生产的可能性, 以粮食生产大省——河北省为例, 对其近 5 年来的小麦和马铃薯生产的用水量进行比较, 并测算了以马铃薯替代小麦之后的用水量变化。结果表明: 保持当前降雨水平和麦薯总用地量不变的情况下, 将这些耕地全部种植马铃薯的总需水量为 6.83 亿吨, 比当前麦薯同种的总需水量减少了 94.63%; 而全部种植小麦的总需水量达 136.13 亿吨, 比当前麦薯同种的总需水量增加了 6.96%。换句话说, 以马铃薯替代小麦生产之后, 总需水量可减少 95%。

**关键词** 节水效能; 马铃薯生产; 小麦生产; 替代种植; 需水量

**中图分类号:** F 324 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-3456(2016)03-0047-06

**DOI 编码:** 10.13300/j.cnki.hnwkxb.2016.03.007

中国是一个农业大国, 也是一个农业弱国。水资源紧缺、耕地面积不断减少、谷物增产空间有限以及人口增长带来的粮食安全等问题是我国农业发展面临的严峻挑战。中共中央对农业的发展一直给予高度重视, 2011 年的中央一号文件更明确了新形势下水利的战略地位, 制定和出台了一系列加快水利改革的新政策和新举措。河北省作为中国粮食生产大省, 小麦常年种植面积约 240 万公顷, 产量约 1 200 万吨, 农业用水占全省总用水量的 70% 左右, 因农田灌溉导致的地下水过度开采, 甚至形成地下“漏斗”, 对生态环境与农业可持续发展造成了严重影响。而马铃薯因其适应性广、增产潜力大, 且在华北地区生育期与雨季耦合较好, 可显著节约灌溉用水, 被推荐为替代小麦的种植作物。因此, 本文以河北省为例, 对其近 5 年来的小麦和马铃薯生产用水量进行比较, 分析以马铃薯替代小麦生产的可能性。

## 一、我国的水资源与农业生产用水现状

中国是一个缺水严重的国家。2012 年全国水资源总量为 29 528.8 亿立方米, 总用水量 6 131.2 亿立方米, 其中农业用水占 63.6%<sup>[1]</sup>。当年全国有 21 个省(自治区、直辖市)发生干旱灾害, 直接经济损失 533 亿元, 作物受灾面积 933 万公顷, 其中受灾面积和成灾面积均较大的有黑龙江、云南、湖北、安徽、河北, 除云南外, 其他都是我国重要的粮食产区, 因干旱造成粮食损失 1 161 万吨<sup>[2]</sup>。

中国也是一个农业大国, 全国正常年份农业缺水量约 13 亿立方米, 水资源短缺已成为制约我国粮食生产的重要瓶颈。据水利部、中国工程院预测, 在不增加农业用水的情况下, 2030 年农业缺水量将达 500~700 亿立方米<sup>[3]</sup>。另外, 我国农业用水效率很低, 目前灌溉水利用率仅为 45% 左右, 与国外发达国家 70%~80% 的高利用率差距仍很明显<sup>[4]</sup>。在水资源短缺的同时, 粮食安全问题也日益凸显, 一方面, 随着人口的不断增长, 对粮食的需求量日益增加; 另一方面, 提高粮食单产对水资源的依

收稿日期: 2016-01-25

基金项目: 国际马铃薯中心抗旱节水项目(1101-1000)。

作者简介: 秦军红(1985-), 女, 博士; 研究方向: 马铃薯栽培生理与品种改良。

赖也越来越重。

## 二、河北省小麦生产与水资源利用的关系

河北省位于华北平原,兼跨内蒙古高原,是我国三大小麦主产区之一。近几年小麦种植面积在 240 万公顷左右,总产 1 200 万吨左右,均占全国的十分之一。河北省小麦以冬小麦为主,受季风气候影响,冬麦区小麦生育期降水量只占全年降水量的 25%~40%,仅能满足小麦全生育期需水量的 20%~30%。尤其在拔节至灌浆的需水高峰期,要保证稳产,必须开采大量的地下水用于灌溉<sup>[5]</sup>。有研究表明,在一定程度上,河北省一些地区,没有水就没有粮食生产<sup>[6]</sup>。2012 年河北省水资源总量为 245.88 亿立方米<sup>[7]</sup>,水资源可利用量仅为 170 亿立方米左右,而总用水量高达 195.33 亿立方米,超采 25 亿立方米,农业用水占总用水量的 70%左右,小麦用水又占农业用水的 70%左右,也就是说当年小麦生产总用水量为 95.71 亿立方米,是全省水资源可利用量的 56.3%。长期的地下水开采导致了河北省部分小麦产区出现地下“漏斗”<sup>[8]</sup>,尤其是黑龙港地区,由于对深层水的过量开采,使地下水位每年平均以 1~2m 的速度下降<sup>[9]</sup>。因此,2014 年 6 月 18 日,农业部副部长余欣荣在河北衡水考察时,针对衡水地下水超采严重,提出了推进马铃薯替代小麦种植,实现节水增粮的设想。

## 三、河北省马铃薯生产与水资源利用的关系

马铃薯被誉为继玉米、水稻、小麦之后的第四大粮食作物,因其经济器官块茎具有无限增长的特性,增产潜力较大,对粮食生产的贡献具有不可忽视的作用<sup>[10]</sup>。由于马铃薯种薯含水量较高(70%~80%),即使在极端干旱的条件下也能比其他作物存活更长的时间,不会出现像籽粒作物颗粒无收的现象,因此在全球种植范围很广。且马铃薯是全球公认的全营养食物,在西方国家早已成为主粮作物。近几年来,也越来越受到国人的喜爱。

2013 年河北省马铃薯种植面积 20 万公顷左右,总产 450 万吨左右,占全省粮食种植面积和总产的 3.2%和 13.3%,占全国马铃薯总面积和总产量的 3.4%和 4.3%<sup>[11]</sup>。马铃薯不仅营养丰富,而且具有耐旱、耐瘠薄的特点。在华北地区,马铃薯出苗期间干旱频发,但因其种薯自身含水量较高,可以在几乎无灌溉和降雨的条件下正常出苗,生育中后期又与雨季耦合较好,如果降雨较均匀,生育期几乎可以不灌溉,即可获得较高的产量。因而种植马铃薯,不仅有利于粮食产量的增加,还可以充分利用降雨,提高水分利用效率,同时可以缓解粮食生产对地下水的过度开采。除种植用水外,加工用水也不容忽视。为此,以河北省为例,对马铃薯替代种植下,从生产到加工成粉过程中的需水量进行比较分析。

## 四、河北省马铃薯和小麦互换种植对水资源需求的实例分析

### 1. 当前种植业结构下小麦对水资源需求的影响

从 2008—2012 年,河北省小麦的播种面积基本维持在 240 万公顷左右,年平均单产的增加也仅有 0.10 吨/公顷,因此,总产量的增加也不明显。根据蒸腾系数和总产计算的小麦生育期总需水量为年均 162.83 亿吨,减去年平均降雨对需水量的补充量 35.65 亿吨,实际年生产需水量还需要 127.18 亿吨。若以全省小麦生产总量的 85%用于加工计算(加工 1 吨小麦需要 0.83 吨水),则河北省小麦从生产到加工成面粉总需水量约为 127.27 亿吨(表 1)。

### 2. 当前种植业结构下马铃薯对水资源需求的影响

从 2008—2012 年,河北省马铃薯的播种面积呈曲线上扬趋势,2009 年以后,单产提高较快,年均增长 1.37 吨/公顷,总产量也增加较快,总产量的增加引起了需水量的快速增加。根据蒸腾系数和总产计算的马铃薯生育期总需水量年均 2.27 亿吨,减去年平均降雨对需水量的补充量 4.49 亿吨,实际年生产需水量为负值,说明当前降雨和单产条件下,自然降水不仅可以满足生产,还可以补充地下水。若以全省马铃薯鲜薯的 15%用于加工计算(加工 1 吨鲜马铃薯需要 2.67 吨水),则从生产到加工成淀

粉或全粉总需水量仅为 0.01 亿吨左右(表 2)。

表 1 2008—2012 年河北省小麦从生产到加工的需水量

年份	播种面积/ 万公顷	产量/ 亿吨	单产/ (吨/公顷)	经济系 数 <sup>[12]</sup>	蒸腾 系数 <sup>[13]</sup>	按照蒸腾 系数计算 生产总需 水量/亿吨	生育期 有效降 水量	生育期降 水量(按播种 面积折算)/ 亿吨	实际耗地 下水量/ 亿吨	加工成全 粉总需水 量/亿吨	从田间到 加工总需 水量/亿吨
2008	241.61	1 221.90	5.06	0.348	450	158.00	140.1	33.86	124.15	0.086	124.24
2009	239.45	1 229.80	5.14	0.348	450	159.03	206.6	49.49	109.54	0.087	109.62
2010	242.03	1 230.60	5.08	0.348	450	159.13	106.4	25.76	133.37	0.087	133.46
2011	239.61	1 276.10	5.33	0.348	450	165.01	120.9	28.98	136.03	0.090	136.12
2012	241.00	1 337.70	5.55	0.348	450	172.98	166.6	40.18	132.80	0.094	132.89
均值	240.74	1 259.22	5.23	0.348	450	162.83	148.1	35.65	127.18	0.089	127.27

注:数据来自河北农村统计年鉴,小麦加工量按照总量的 85% 计算。

表 2 2008—2012 年河北省马铃薯从生产到加工的需水量

年份	播种面积/ 万公顷	产量/ 万吨	单产/ (吨/公顷)	经济系 数 <sup>[12]</sup>	蒸腾系 数 <sup>[13]</sup>	按照蒸腾 系数计算 生产总需 水量/亿吨	生育期有 效降水量/ 毫米	生育期降 水量(按播种 面积折算)/ 亿吨	实际耗地 下水量/ 亿吨	加工成全 粉总需水 量/亿吨	从田间到加 工总需水 量/亿吨
2008	14.91	173.90	11.66	0.75	400	1.85	307.5	4.59	-2.73	0.007	0.007
2009	13.51	118.30	8.76	0.75	400	1.26	215.7	2.92	-1.65	0.005	0.005
2010	15.50	224.80	14.50	0.75	400	2.40	355.8	5.52	-3.12	0.009	0.009
2011	17.06	239.65	14.05	0.75	400	2.56	277.9	4.74	-2.19	0.010	0.010
2012	16.67	308.75	18.52	0.75	400	3.29	280.4	4.68	-1.38	0.012	0.012
均值	15.53	213.08	13.50	0.75	400	1.70	287.5	4.49	-2.22	0.010	0.010

注:数据来自河北农村统计年鉴,马铃薯加工量按照总量的 15% 计算。

### 3. 小麦改种马铃薯后对水资源需求的影响

若将河北省种植小麦的耕地全部改种马铃薯,河北省年均马铃薯产量约为 3 250.9 万吨,依据蒸腾系数和总产计算的马铃薯生育期总需水量约为 34.68 亿吨,年降雨补充的水量约为 33.94 亿吨,实际利用地下水的量约为 0.74 亿吨。若以全省马铃薯鲜薯的 15% 用于加工计算(加工 1 吨鲜马铃薯需要 2.67 吨水),则马铃薯从生产到加工成淀粉或全粉的总需水量为 6.82 亿吨。从表 2 还可以看出,在降雨量为 170 mm 左右时,如果降雨分布均匀,自然降雨不仅可以满足马铃薯生育期需水量,还可以补足地下水(表 3)。

表 3 河北省种植小麦的耕地改种马铃薯后从生产到加工的理论需水量

年份	播种面积/ 万公顷	产量/ 万吨	单产/ (吨/公顷)	经济系 数 <sup>[12]</sup>	蒸腾系 数 <sup>[13]</sup>	按照蒸腾 系数计算 生产总需 水量/亿吨	生育期有 效降水量/ 毫米	生育期降 水量(按播种 面积折算)/ 亿吨	实际耗地 下水量/ 亿吨	加工成全 粉总需水 量/亿吨	从田间到 加工总需 水量/亿吨
2008	241.61	2817.97	11.66	0.75	400	30.06	171.8	41.53	-11.47	0.11	0.11
2009	239.45	2096.74	8.76	0.75	400	22.37	169.6	40.64	-18.27	0.08	0.08
2010	242.03	3510.22	14.50	0.75	400	37.44	84.3	20.40	17.04	0.14	17.18
2011	239.61	3365.92	14.05	0.75	400	35.90	122.4	29.34	6.56	0.14	6.69
2012	241.00	4463.63	18.52	0.75	400	47.61	156.7	37.78	9.83	0.18	10.01
均值	240.74	3250.90	13.50	0.75	400	34.68	141.0	33.94	0.74	0.13	6.82

注:数据来自河北农村统计年鉴,马铃薯加工量按照总量的 15% 计算。河北小麦主要为冬麦,因此麦薯互换种植后马铃薯主要生育阶段为 3—6 月。

#### 4. 马铃薯改种小麦后对水资源需求的影响

若将河北省种植马铃薯和耕地全部改种小麦,河北省年均小麦产量约为 81.40 万吨,依据蒸腾系数和总产计算的小麦生育期总需水量约为 10.53 亿吨,年降雨补充的水量约为 1.67 亿吨。若以全省小麦生产总量的 85%用于加工计算(加工 1 吨小麦需要 0.83 吨水),则小麦从生产到加工成面粉的总需水量为 8.86 亿吨(表 4)。

表 4 河北省种植马铃薯的耕地改种小麦后从生产到加工的理论需水量

年份	播种面积/ 万公顷	产量/ 万吨	单产/ (吨/公顷)	经济系 数 <sup>[12]</sup>	蒸腾 系数 <sup>[13]</sup>	按照蒸腾 系数计算 生产总需 水量/亿吨	生育期有 效降水量/ 毫米	生育期降水 (按播种面积 折算)/亿吨	实际耗地 下水量/ 亿吨	加工成面粉 总需水量/ 亿吨	从田间到 加工总需 水量/亿吨
2008	14.91	75.40	5.06	0.348	450	9.75	121.5	1.81	7.94	0.005	7.94
2009	13.51	69.39	5.14	0.348	450	8.97	75.9	1.03	7.95	0.005	7.95
2010	15.50	78.81	5.08	0.348	450	10.19	117.0	1.81	8.38	0.006	8.38
2011	17.06	90.86	5.33	0.348	450	11.75	101.7	1.74	10.01	0.006	10.02
2012	16.67	92.53	5.55	0.348	450	11.96	116.9	1.95	10.01	0.007	10.02
均值	15.53	81.40	5.23	0.348	450	10.53	106.6	1.67	8.86	0.006	8.86

注:数据来自河北农村统计年鉴,小麦加工量按照总量的 85%计算。由于马铃薯主要种植在张家口、承德等地区,而这些地区只适合种春麦,因此,薯麦互换种植后春小麦的主要生育阶段为 3—6 月。

#### 5. 麦薯替代种植对水资源需求的对比

麦薯总需水量随着降雨量的变化而变化,尤其在降雨较少的年份(2010 年和 2011 年),需水量极显著增加( $P < 0.01$ )。马铃薯改种小麦后,小麦对地下水的年均需水约为 136.17 亿吨,较当前既种麦又种薯的情况下极显著增加( $P < 0.01$ ),年平均增加 6.96%;小麦改种马铃薯后,马铃薯对地下水的年均利用量仅为 6.83 亿吨,较当前麦薯均种情况下极显著减少( $P < 0.01$ ),年均节水率约 94.90%。由此可见,马铃薯改种小麦后节水效果显著,尤其在降雨较少的年份更加明显(表 5)。

表 5 麦薯替代种植理论需水量的比较

年份	当前麦薯总 需水量/亿吨	全种小麦需 水量/亿吨	全种小麦较当前麦薯 总用水增加比率/%	全种马铃薯 总需水量/亿吨	全种马铃薯较当前麦 薯总用水减少比率/%
2008	124.24	132.18	6.39	0.12	99.90
2009	109.63	117.58	7.25	0.09	99.92
2010	133.47	141.84	6.27	17.19	87.12
2011	136.13	146.14	7.35	6.70	95.08
2012	132.90	142.91	7.53	10.02	92.46
均值	127.27	136.13	6.96	6.83	94.90

#### 6. 马铃薯单产提高后对粮食产量的贡献和水资源需求的影响

2012 年我国的马铃薯单产水平约为 15.8 吨/公顷,远低于世界平均水平 19.0 吨/公顷,更低于美国等发达国家 40 吨/公顷的水平(FAO 数据)。从表 6 可以看出,如果河北省 100%小麦种植面积改种马铃薯,通过各项技术的提高,当马铃薯单产在 25~30 吨/公顷之间时,河北省马铃薯折粮后产量与全种小麦持平,但可节水 74%以上。届时,按照近几年马铃薯单价最低年份 1.2 元/公斤计算,河北省马铃薯产值将达 800 亿元以上。如果河北省 50%小麦面积改种马铃薯,当马铃薯单产为 25 吨/公顷时,马铃薯折粮后产量就可与全种小麦持平,但需水量仍远远低于小麦。

## 五、结论与分析

### 1. 以薯替麦是农业可持续性发展的趋势

随着环境和人口压力的增加,发展节水型农业、保障粮食安全已成为一个世界性的话题。小麦作



表6 马铃薯单产增长对粮食产量和需水量的影响

	马铃薯单产/ (吨/公顷)	总播种面积/ 万公顷	总产量/ 亿吨	折粮后总 产量/万吨	按蒸腾系数计算 马铃薯生产总 需水量/亿吨	加工总需 水量/亿吨	降雨量/ 亿吨	生产到加工总 需水量/亿吨
100%小麦种植 面积改种马铃薯	25.00	256.27	0.64	1 281.35	68.34	0.26	38.43	29.91
	30.00	256.27	0.77	1 537.62	82.01	0.31	38.43	43.58
	40.00	256.27	1.03	2 050.16	109.34	0.41	38.43	70.91
50%小麦种植 面积改种马铃薯	25.00	120.37	0.34	679.50	36.24	0.14	21.46	14.78
	30.00	120.37	0.41	815.40	43.49	0.16	21.46	22.02
	40.00	120.37	0.54	1 087.20	57.98	0.22	21.46	36.52

注:5千克马铃薯相当于1千克粮食。

为中国第二大主粮,在粮食主产区河北省近几年平均单产为5.23吨/公顷,不仅高于全国平均水平4.99吨/公顷,更远远高于世界平均水平3.2吨/公顷,因此,单产上升空间极小,且其生育期与雨季耦合关系较差,大量灌溉在局部地区已造成了严重的地下“漏斗”。而马铃薯因其适应性广、增产潜力大,且在华北地区生育期与雨季耦合较好,因而可作为替代部分小麦种植的主推作物。农业部主粮化小组于2014年在河北衡水开展的马铃薯品种筛选试验结果已经初步证明了马铃薯在河北省二季作区节水增收成功的可能性<sup>[14]</sup>。也有研究表明,当前河北省部分冬麦区已有马铃薯种植,且效益可观<sup>[15-16]</sup>。

## 2.以薯替麦节水效果显著

本项研究基于过去5年河北省有效降雨量分析,通过对替代种植的假设分析和比较初步得出,在当前麦薯种植面积不变的情况下,麦薯年平均需水量约127.27亿吨,降雨对小麦和马铃薯生产需水的满足率分别为21.9%和197.8%,这与前人研究的结果相似<sup>[17]</sup>;而马铃薯改种小麦后,小麦年平均需水量约为136.13亿吨,降水对生产需水的满足率约为18.9%;小麦改种马铃薯后,马铃薯年平均需水量仅为6.83亿吨,降水对生产需水的满足率约为147.8%。由此可见,在现有降雨量条件下,生产马铃薯比生产小麦显著节水,如果降雨分配均匀,马铃薯生育期几乎可以不用灌溉,而且降雨还可以在在一定程度上对地下水进行补充。

## 3.以薯替麦还需进一步提高马铃薯单产

替代种植不仅要节约水资源,还要保障小麦改种马铃薯后粮食总产量不能减少。按照国家薯类统计方法(折粮5:1),无论河北省50%小麦种植面积还是100%的种植面积改种马铃薯,只要马铃薯单产达到25~30吨/公顷时,总产量均可与当前小麦总产持平,且节水效果极显著。届时,鲜薯产量将达到3400~6700万吨,产值将达400~800亿元。按照当前国家对小麦的最低收购价2.36元/公斤计算,河北省小麦产值约为316亿元,仅为马铃薯产值的39%~79%。

## 4.以薯替麦还需解决生产、贮存、加工、消费等一系列问题

本项研究只是从理论上探讨了在河北省开展薯麦替代种植的可能性和可行性,列举的一些数据分析也比较极端,因为在现实中不可能马铃薯全部替代小麦。但本文用此分析方法,则是希望以鲜明的特征引发人们的高度关注,同时,替代种植后所产生一系列社会经济问题,还有待在实践中解决。鲜马铃薯含水量在75%以上,对贮藏条件的要求较高,小麦改种马铃薯后,必须有大量的现代化贮藏设施作保障。除此之外,如何增加马铃薯的消费,将这些产量真正转化为产值,不仅需要加大对马铃薯营养价值的宣传,还应该根据消费者的需求,使加工产品层次化和多样化。因此,在实际中,因地制宜、循序渐进地推进这种以马铃薯替代小麦种植的模式才更为科学,建议首先在地下水位下降严重的地区进行试点,然后再在全省适合种植马铃薯的地区逐步推行,在节约用水的同时,充分考虑人民群众的种植意愿和实际需求。最后,以河北省薯麦替代种植的实证分析,对全国相似地区的种植业结构调整是否也有借鉴意义,尚需开展更多的研究。

## 参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国水利部. 2012 年中国水资源公报[EB/OL]. (2012-03-17)[2015-11-13]. [http://www.mwr.gov.cn/zwzc/hygb/szygb/qgszygb/201405/t20140513\\_560838.html](http://www.mwr.gov.cn/zwzc/hygb/szygb/qgszygb/201405/t20140513_560838.html).
- [2] 刘洪岫. 2012 年全国旱灾及抗旱行动情况[J]. 中国防汛抗旱, 2013(1):18-21, 31.
- [3] 科学技术部农村科技司、中国农村技术开发中心. 中国现代节水高效农业技术发展战略[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2006:1, 57.
- [4] 段爱旺, 张寄阳. 中国灌溉农田粮食作物水分利用效率的研究[J]. 农业工程报, 2000, 16(4):41-44.
- [5] 于振文. 作物栽培学各论[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005:58, 60, 243.
- [6] 郑春莲, 曹彩云, 党红凯, 等. 黑龙港地区自然降水条件下粮食生产潜力研究[J]. 河北农业科学, 2012, 16(2):15-19.
- [7] 河北省环境保护厅. 2012 年河北省环境状况公报[M]. 石家庄: 河北省环境保护厅出版社, 2013:20.
- [8] 河北省水利厅. 河北衡水地下水超采成因及主要治理思路与举措[EB/OL]. (2014-04-25)[2015-11-12]. <http://news.irrigation.com.cn/china/2014/96210.html>.
- [9] 李国正, 贾新台, 苏晓虹. 河北省地下水资源超采对策研究[J]. 中国水利, 2010, 5:36-37, 44.
- [10] 李勤志. 中国马铃薯生产的经济分析[M]. 广州: 暨南大学出版社, 2009:1.
- [11] 尹江, 冯琰. 2013 年河北省马铃薯产业发展情况及 2014 年生产形势分析 [C]// 屈冬玉, 陈伊里. 马铃薯产业与小康社会建设. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2014:121-123.
- [12] 姬兴杰, 于永强, 张稳, 等. 基于气象资料的中国冬小麦收获指数模型[J]. 中国农业科学, 2010, 43(20):4158-4168.
- [13] 门福义, 刘梦芸. 马铃薯栽培生理[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995:233.
- [14] 王万兴, 孔德男, 李明哲, 等. 华北漏斗区雨养栽培条件下马铃薯品种的筛选[J]. 中国马铃薯, 2015, 29(1):8-13.
- [15] 张庆良. 河北中南部马铃薯产业现状[J]. 河北农业科技, 2006(11):45.
- [16] 李爱国, 宋聪明, 李和平, 等. 河北省低平原区早春播马铃薯高产栽培技术[J]. 中国种业, 2014(9):74-75.
- [17] 王婧, 逢焕成, 任天志, 等. 黄淮海地区主栽作物水分供需平衡分析[J]. 灌溉排水学报, 2010, 29(5):106-109.

(责任编辑:金会平)