

不同灌溉方式对玉米植株生长参数及产量的影响

魏子涵^{1,2}, 魏占民², 李春强³, 边新洋¹, 李志红¹

(1. 京蓝沐禾节水装备有限公司, 内蒙古 赤峰 024500; 2. 内蒙古农业大学 水利与土木建筑工程学院, 呼和浩特 010018; 3. 内蒙古方圆建设工程有限公司, 内蒙古 赤峰 024000)

摘要:为了探究不同的节水灌溉方式对玉米植株生长参数及产量的影响,选择在内蒙古通辽市设计低压管灌、膜下滴灌和喷灌这3种节水灌溉方式的试验,并在整个生长期内毛灌溉定额相同的条件下,分别观测在3种灌溉方式下玉米整个生长期内的土壤水分变化及玉米的植株高度、茎粗、叶面积指数、叶绿素含量、生物量、株籽粒重等指标。结果表明:灌溉定额相同时,不同的灌水次数对土壤水分含量有较大影响,进而影响作物的生长发育。不同的节水灌溉方式对玉米植株生长、产量有显著影响;在整个生长期内,玉米生物量膜下滴灌高于喷灌,喷灌高于低压管灌,膜下滴灌高于喷灌46.74%,高于低压管灌98.81%,喷灌高于低压管灌35.49%;膜下滴灌实际产量大于喷灌2.85%,大于低压管灌7.83%,喷灌大于低压管灌4.84%。总体来说,3种灌溉方式中,膜下滴灌最好,喷灌次之,低压管灌最差。

关键词:灌溉方式; 玉米; 植株生长参数; 产量

中图分类号:S275

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2017)03-0183-05

Effects of Different Irrigation Methods on Maize Plant Growth Parameters and Yield

WEI Zihan^{1,2}, WEI Zhanmin², LI Chunqiang³, BIAN Xinyang¹, LI Zhihong¹

(1. Kingland Mu He Water—Saving Equipment Limited Company Chifeng, Inner Mongolia 024500, China;

2. College of Water Conservancy and Civil Engineering, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018,

China; 3. Inner Mongolia Fangyuan Construction Engineering Limited Company, Chifeng, Inner Mongolia 024000, China)

Abstract: In order to explore the effects of different water saving irrigation methods on maize plant growth parameters and yield, three water-saving irrigation methods of low pressure pipe irrigation, drip irrigation under film and sprinkler irrigation were chosen in Tongliao City of Inner Mongolia. And under the same irrigation quota in the whole growth period, we observed soil moisture change, plant height, stem diameter, leaf area index, chlorophyll content, biomass, plant grain weight of maize and so on in the whole growth period. The results showed as the following. Different irrigation times had great effect on soil moisture content under the same irrigation quota, which affected crop growth. Effects of different water-saving irrigation methods on maize plant growth and yield were also significant. In the whole growth period, maize biomass of drip irrigation under film mulch was higher than that of sprinkler irrigation, that of sprinkler irrigation was higher than that of low pressure pipe irrigation, that of drip irrigation under film mulch was 46.74% higher than that of sprinkler irrigation and 98.81% higher than that of low pressure pipe irrigation, that of sprinkler irrigation was 35.49% higher by than that of low pressure pipe irrigation. The actual production of drip irrigation under film mulch was 2.85% greater than that of sprinkler irrigation, and 7.83% greater than that of low pressure pipe irrigation, that of sprinkler irrigation is 4.84% greater than that of low pressure pipe irrigation. In general, the three irrigation methods, drip irrigation under film was the best, followed by sprinkler irrigation, and the low pressure pipe irrigation came next.

Keywords: irrigation methods; maize; plant growth parameters; yield

中国是农业大国,在农业增产的诸多影响因素中,农业灌溉是最主要因素之一^[1],灌溉对于保障我国粮食安全具有重要的作用^[2]。目前,国内大力提倡低压管灌、膜下滴灌和喷灌代替传统的漫灌^[3-5],但 3 种灌溉方式对作物植株生长参数及产量影响的研究并不多见。研究并讨论低压管灌、膜下滴灌、喷灌等节水灌溉方式,提高水分利用率,对保水保墒、增产增收显得尤为重要^[6]。在作物整个生长期内毛灌溉定额相同的情况下,低压管灌、膜下滴灌和喷灌等灌溉方式均可实现节水保墒^[7-8];提高作物在关键生长期的叶面积指数,促进光合作用,增加作物生物量;提高作物千粒重,可以实现作物增产^[6,9]。为了应对水资源紧缺现状及如何增加粮食产量,李英等^[6]研究了滴灌、喷灌、漫灌等灌溉方式对玉米产量及构成的影响,三种灌溉技术下滴灌效果最好,喷灌次之,漫灌最差。李铁男等^[10]研究了膜下滴灌、覆膜漫灌、喷灌及不覆膜不灌几种灌溉方式对玉米生物学效应的影响,表明膜下滴灌能为玉米生长创造良好的环境,最终达到改善品质的效果。但有关膜下滴灌、喷灌、低压管灌 3 种节水灌溉方式下作物生长及稳产高产的生理机制报道并不多见,尤其是对玉米的研究,而玉米是我国的重要粮食作物,玉米黄金带就位于通辽市,因

此以玉米为研究对象,在整个生长期内毛灌溉定额相同条件下,用对比分析的方法研究低压管灌、滴灌和喷灌节水灌溉条件下玉米生长特点和生长参数变化^[11],揭示不同灌溉方式下玉米生长过程的差异,并分析对产量的影响,为如何应用节水灌溉技术及提高玉米产量提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点及材料

试验于 2014 年在内蒙古通辽市科尔沁左翼中旗进行,通辽市科尔沁左翼中旗位于通辽市东北部,地处东经 121°08′—123°32′,北纬 43°33′—44°31′。西北、西、南、东南分别与扎鲁特旗、开鲁县、科尔沁区、科左后旗接壤;东、北分别与吉林省四平、兴安盟毗邻。全旗东西长 191 km,南北宽 32~116 km,总面积 1 472 km²。地势总体是西北高、东南低,由西向东倾斜,以平原地貌为主,最显著的特点是沙地分布广泛。气候属于北温带大陆性季风气候,年平均气温 5.2~5.9℃,年降水量 340~400 mm,年蒸发量 1 800~2 000 mm,无霜期平均 150 d 左右。科左中旗春季短促,干旱多风;夏季炎热,雨量集中;秋季短暂降温快;冬季漫长寒冷。试验地土壤物理性状基本情况见表 1。

表 1 试验地土壤物理性状

土层 深度/cm	粒径比例/%			土壤 质地	干容重/ (g·cm ⁻³)	田间 持水量/%	凋萎 系数/%
	砂粒	黏粒	粉粒				
0—20	69.8	0.71	29.49	砂壤土	1.56	29.08	7.89
20—40	24.21	2.82	72.97	粉壤土	1.43	33.47	12.86
40—60	56.23	0.43	43.34	砂壤土	1.55	28.91	8.53
60—80	39.14	1.22	59.64	粉壤土	1.44	32.65	13.38
80—100	64.65	0.37	34.98	砂壤土	1.53	28.56	9.01

1.2 试验设计

试验所种品种为当地常用玉米品种郑丹 958,试验小区面积均为 0.066 7 hm²,播种量 30 kg/hm²,5 月 1 日播种,10 月 1 日收割。施肥量:播种时施玉米专用肥(N18%、P10%、K12%) 225 kg/hm²,磷酸二铵(N18%、P46%) 187.5 kg/hm² 作底肥,拔节期前追施尿素(N46%) 225 kg/hm²,抽雄期前追施尿素(N46%) 150 kg/hm²,灌浆期前追施尿素(N46%) 75 kg/hm²。玉米生长期共降雨 47 次,累积降雨 378.24 mm,有效降雨量为 248.05 mm。采用 3 种灌溉方式,分别是低压管灌,膜下滴灌、喷灌,即 3 个处理;其中低压管灌处理种植行距为 60 cm,每行株距为 30 cm;膜下滴灌滴头间距是 30 cm,滴头流量 1.5~3 L/h,大小垄

行距分别为 80,40 cm,滴灌带间距 120 cm,每行株距为 30 cm;喷灌处理种植行距为 60 cm,每行株距为 30 cm,喷灌强度为 15 mm/h。灌水时间根据土壤含水率和玉米的长势确定,灌溉水量通过水表读数得到。各灌溉技术的灌水时间和灌水量见表 2。

1.3 测定项目与方法

试验测定指标包括土壤含水率、作物高度、作物茎粗、叶面积指数(LAI)、叶绿素含量、产量(果穗长、果穗粗、果穗重、子粒重、百粒重)、生物量(叶片、叶鞘、茎、果实),具体测量方法如下。

(1) 土壤含水率。在试验地不同灌溉方式的测试田块上、中、下游均匀选取 6~9 个采样点,采样工具为不锈钢取土钻,采用烘干法测定其土壤含水率。

对每个采样点按每层厚度 20 cm 采取土样,共取 5 层,即 100 cm。每次灌水前 1 d 和灌后 1~2 d 采集土样测土壤含水率,遇降雨加测。

(2) 作物高度和茎粗。在三叶期、拔节期、抽雄期、灌浆期、成熟期测量玉米株高和茎粗,株高采用卷尺测量,茎粗采用游标卡尺测量,每个处理重复取 3 株,取均值。

表 2 试验处理情况

灌溉方式	灌水时间	灌水定额/mm	灌溉定额/mm
低压管灌	4.25	40	280
	6.17	80	
	8.5	80	
	8.18	80	
	5.1	40	280
膜下滴灌	5.29	40	
	6.17	50	
	7.1	50	
	8.5	50	
	8.18	50	
喷灌	5.1	40	280
	6.17	80	
	8.5	80	
	8.18	80	

(3) LAI 和叶绿素含量。在拔节期、抽雄期、灌浆期、成熟期,在考察不同生长期生物产量的同时考察玉米的叶面积指数和叶绿素含量,每次采集植株样品 3 株,叶面积指数通过对叶片长和最大叶片宽的测量计算得来的,计算公式如下。叶绿素含量采用 CCM-200 叶绿素仪测定,可以比较精确地测定作物的叶绿素含量,同时不破坏植物,且操作简便。

$$LAI=0.75\rho_{\text{种}}\frac{\sum_{j=1}^m\sum_{i=1}^n(L_{ij}B_{ij})}{m}$$

(1)

式中: n 为第 j 株玉米的总叶片数; m 为测定株数; $\rho_{\text{种}}$ 为玉米种植密度; L_{ij} 为叶片长度; B_{ij} 为叶片宽度。

(4) 生物量。分别在拔节期、抽雄期、灌浆期和成熟期进行取样,测量不同生长期生物产量,每个处理每次采集 3 株植株样品,取地上部分,置于电热恒温鼓风干燥箱中,在 105℃ 下杀青 30 min,继而维持在 85℃ 恒温下烘干,之后用电子天平分别称其叶片、叶鞘、茎(枝)、果实重量总和。

(5) 产量。理论产量在玉米成熟期测定,每个处理取 15 株在室内进行考种测量,考察产量构成因素。理论产量由株籽粒重、有效株数得到,考种方法同常规。实际产量在收获后由实际的籽粒产量得出。

2 结果与分析

2.1 土壤水分变化动态

从图 1 中可以看到,3 种处理的灌溉定额相同时,灌水次数的变化对土壤含水率有较大影响,进而影响作物的生长发育。灌水次数较多的处理即膜下滴灌方式下,1 m 土层的平均含水率波动幅度较小,尤其在拔节—抽穗期土壤水分能保持在一个比较稳定的范围。玉米在整个生长期内需要经历两次土壤水分消耗较大的时期:拔节—大喇叭口、抽穗—乳熟期,在这两个阶段里,土壤含水率分布呈 V 字型;在 6 月 17 日(拔节期)和 8 月 17 日(灌浆期)土壤含水率分别降至(12.83%~14.30%和 14.05%~15.75%)。7 月 17 日的土壤含水率出现最高峰,是因为 7 月 16 日通辽市科尔沁左翼中旗有 89 mm 的降雨。

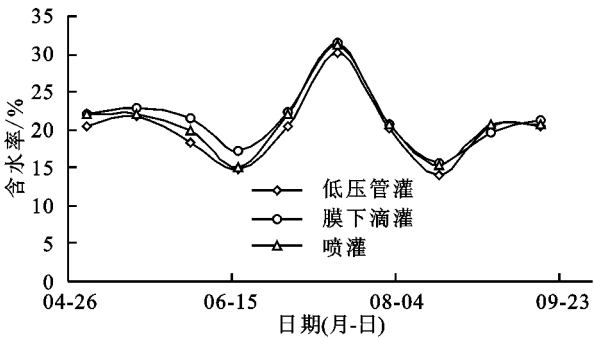


图 1 不同灌溉处理下的土壤含水率

2.2 不同灌溉方式对玉米株高的影响

从图 2 可以看出,在玉米的整个生育阶段中,3 种灌溉方式处理下株高的变化趋势基本一致,均出现前期和中期植株生长旺盛、增长较快的趋势,到后期增长变化速率较小,其中玉米拔节期—抽雄期的增长变化率最大,此时作物对水分的消耗较大。而到灌浆期—成熟期,在此时由于玉米大量积聚营养物质,株高生长速率减缓。受不同灌溉方式的影响,在整个生长期内,膜下滴灌条件下玉米株高高于喷灌、低压管灌,喷灌下玉米株高高于低压管灌。

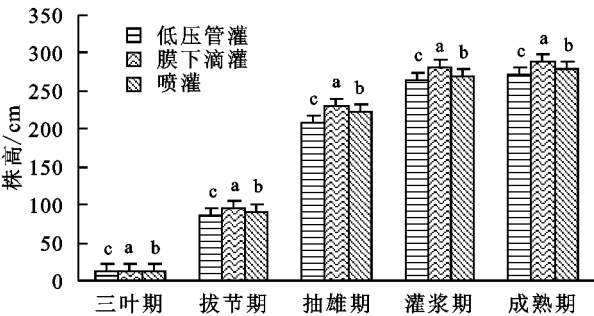


图 2 生长期不同灌溉方式下玉米株高

2.3 不同灌溉方式对玉米茎粗的影响

3 种灌溉方式处理下玉米茎粗均在灌浆期达到峰

值,之后却呈降低的趋势,这是由于玉米植株在灌浆开始时,果实的生长会需要很大部分营养物质,而用于植株生长的营养物质就会降低。由图 3 可知,在整个生长期内,膜下滴灌条件下玉米茎粗最大、喷灌次之、低压管灌最小,不同灌溉方式对玉米茎粗有一定影响。

2.4 不同灌溉方式对玉米叶面积指数和叶绿素含量的影响

叶面积指数是一个相对复杂的指标,在某种程度上可以表征作物的生理活动状况^[12],从图 4—5 可以看出,玉米叶面积指数和叶绿素含量均在灌浆期达到极值,此时叶片发育较完全,而在成熟期时,营养物质用于果实生长,所以叶片会相应萎缩,导致叶面积指数和叶绿素含量会相应减小。

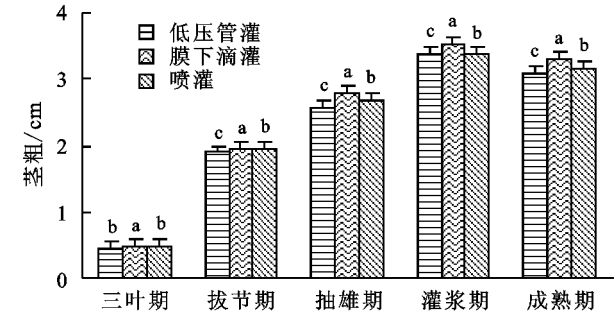


图 3 生长期内不同灌溉方式下玉米茎粗

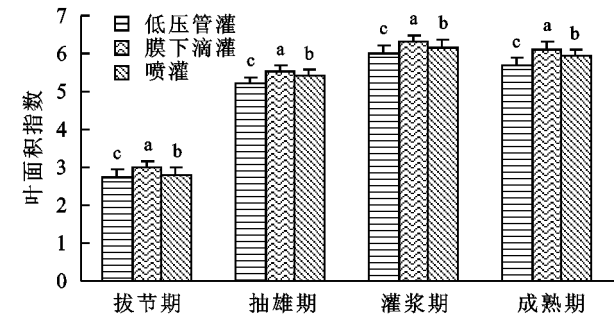


图 4 生长期内不同灌溉方式下玉米叶面积指数

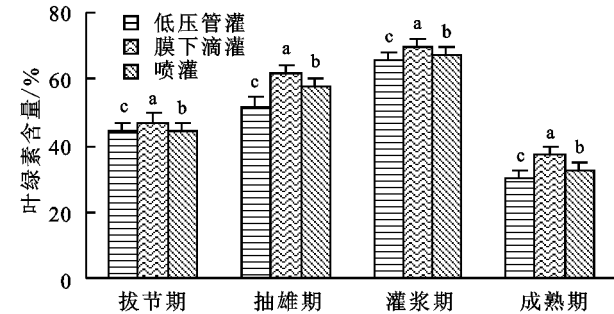


图 5 生长期内不同灌溉方式下玉米叶绿素含量

玉米植株在前期和中期生长较旺盛,株高和径粗在拔节期—抽雄期的生长速率较大;而叶面积指数最大值同样出现在灌浆期,在拔节期—抽雄期的变化速率最大,从植株的生理变化中可以看出,在进行灌水处理时首先应对植株变化速率较大的阶段进行灌水,以满足植株的生理需求,保证作物的产量。

2.5 不同灌溉方式对玉米生物量的影响

生物量可以较好地反映作物生长期内的植株生长状况^[13-14]。从图 6 可以看出,在整个生长期内,玉米植株在抽雄期—灌浆期生长速度最快,滴灌条件下高于喷灌和漫灌,各生长期的差异都较为明显。这说明不同灌溉方式对玉米生物量影响较大。

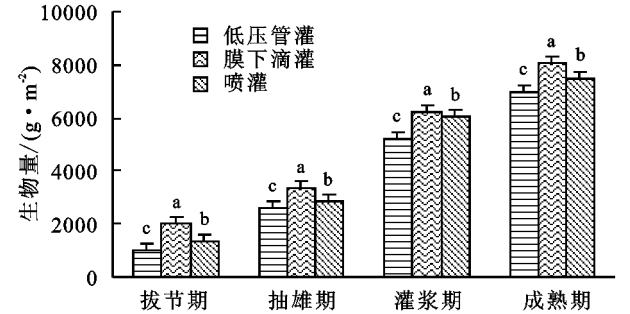


图 6 生长期内不同灌溉方式下玉米生物量

2.6 不同灌溉方式对玉米产量的影响

表 3 表明,膜下滴灌和喷灌的百粒重分别重于低压管灌 8.64%,6.68%;膜下滴灌和喷灌的百粒重分别重于低压管灌 6.08%,4.45%;理论产量膜下滴灌大于喷灌 3.07%,大于低压管灌 7.66%,喷灌大于低压管灌 4.84%;实际产量膜下滴灌大于喷灌 2.85%,大于低压管灌 7.83%,喷灌大于低压管灌 4.84%。这表明,3 种灌溉方式下,膜下滴灌效果最好,喷灌次之。

表 3 不同灌溉方式对玉米产量的影响

灌溉方式	百粒重/g	子粒重/g	种植密度/(株·m ⁻²)	理论产量/(kg·hm ⁻²)	实际产量/(kg·hm ⁻²)
低压管灌	31.14	225.59	6.06	13670.75	13215
膜下滴灌	33.83	239.31	6.15	14717.57	14250
喷灌	33.22	235.62	6.06	14278.57	13855

3 讨论与结论

玉米在生长发育过程中,会受到很多因素的影响,任何一个影响因素都有可能对植株生长发育和产量构成等产生影响,其中灌水量是一个很重要的因素,本文研究设置 3 种处理,即低压管灌、膜下滴灌、喷灌。三种处理的灌溉定额相同,但是灌水次数却有所不同,每次的灌水量也不同,结果可知 3 种处理对土壤水分含量变化有较大影响,灌水次数较多的处理即膜下滴灌方式下,土壤平均含水率波动幅度较小,土壤水分能保持在一个相对稳定的范围。

不同的灌溉方式对玉米生物量、产量也有明显影响。玉米植株的生长高度、茎粗、LAI 和叶绿素含量可以反映其产量,因此对玉米株高、茎粗、LAI 及叶绿素含量的考察是非常有必要的。本文研究中:(1)株高。在三叶期时,膜下滴灌和喷灌、低压管灌差异非常小;而之后的生长期内膜下滴灌和喷灌差异呈平稳趋势,为

2.98%~4.71%;在拔节期到抽雄期,膜下滴灌和低压管灌差异较大,为10.29%~11.17%;在抽雄期,喷灌和低压管灌差异较大,为7.46%。(2)茎粗。在整个生长期,膜下滴灌和喷灌的差异趋于平稳,为1.55%~4.43%;在抽雄期及成熟期,膜下滴灌和低压管灌的差异较大,为8.98%及7.49%;喷灌和低压管灌在灌浆期差异非常小,在其他生长期差异为2.11%~4.69%。(3)LAI。在拔节期,膜下滴灌和喷灌差异较大,为6.05%,其他时期相对较小;除灌浆期外,膜下滴灌和低压管灌差异较大,为6.17%~8.76%;在整个生长期,喷灌和低压管灌差异较小,为2.16%~4.04%。(4)叶绿素含量。在成熟期,膜下滴灌和喷灌差异较大,为13.3%;在抽雄期和成熟期,膜下滴灌和低压管灌差异较大,为18.66%和22.25%;在抽雄期和成熟期,膜下滴灌和低压管灌差异较大,为11.65%和7.9%。(5)生物量。在整个生长期,膜下滴灌高于喷灌,喷灌高于低压管灌,特别是拔节期差异最大,膜下滴灌高于喷灌46.74%,高于低压管灌98.81%,喷灌高于低压管灌35.49%。(6)产量。膜下滴灌实际产量大于喷灌2.85%,大于低压管灌7.83%,喷灌大于低压管灌4.84%。(7)百粒重、株籽粒重。膜下滴灌、喷灌明显重于低压管灌。由以上结论可知,3种灌溉方式中,膜下滴灌优于喷灌,喷灌优于低压管灌。

本文结论与李英^[6]及李铁男^[10]等研究的不同灌溉方式对玉米生物量影响的结论大体相符,膜下滴灌效果最好、喷灌次之、漫灌最差。但是两文中试验设置的灌溉方式下的灌溉定额相差很大,理论上来说充足的水分是保证玉米生长的最主要因素,而不同灌溉方式只是会影响玉米对灌溉水分的吸收,这会对玉米的生长造成差异。因此试验应该设定不同灌溉方式下的灌水定额相同,否则无法说明是灌水量对玉米生长的影响还是不同灌溉方式对玉米生长的影响。本文是基于不同灌溉方式对玉米植株生长参数的研究,虽然3个处理的灌溉定额是相同的,但是灌水次数却不相同,所选的

试验地点的土壤也不能完全相同,各土层的土质会有些差异,这些都可能会给试验结果造成影响。

参考文献:

- [1] 黄季焜,斯·罗泽尔. 迈向21世纪的中国粮食经济[M]. 北京:中国农业出版社,1998:5-13.
- [2] 裴源生,于福亮,罗琳. 21世纪初期中国灌溉发展战略[J]. 水利水电科技进展,2003,23(3):1-5.
- [3] 何玲. 低压管灌在水田灌溉中应用研究[J]. 农业工程,2012,2(10):36-37.
- [4] 张航,李久生. 华北平原春玉米生长和产量对滴灌均匀系数及灌水量的响应[J]. 农业工程学报,2011,27(11):176-182.
- [5] 王迪,李久生,饶敏杰. 喷灌田间小气候对作物蒸腾影响的田间试验研究[J]. 水利学报,2007,38(4):427-432.
- [6] 李英,马兴祥,王鹤龄,等. 不同灌溉方式对玉米生物量的影响[J]. 安徽农业科学,2014,42(1):64-66.
- [7] 王延宇,王鑫,赵淑梅,等. 玉米各生长期土壤水分与产量关系的研究[J]. 干旱地区农业研究,1998,16(1):100-105.
- [8] 张岁岐,周小平,慕自新,等. 不同灌溉制度对玉米根系生长及水分利用效率的影响[J]. 农业工程学报,2009,25(10):1-6.
- [9] 蔡红光,袁静超,闫孝贡,等. 不同灌溉方式对春玉米根系分布、养分累积及产量的影响[J]. 玉米科学,2014,22(4):109-113.
- [10] 李铁男,李美娟,王大伟. 不同灌溉方式对玉米生物学效应影响研究[J]. 节水灌溉,2011(10):24-25,28.
- [11] 朱林,许兴. 植物水分利用效率的影响因子研究综述[J]. 干旱地区农业研究,2005,23(6):204-209.
- [12] 王希群,马履一,贾忠奎,等. 叶面积指数的研究和应用进展[J]. 生态学杂志,2005,24(5):537-541.
- [13] Delecalle R, Maas S J, Guerif M, et al. Remote sensing and crop production models: present trends [J]. ISPRS J. Photogramm. & Rem. Sens. 1992, 47(2/3):145-161.
- [14] Wright D L, Rasmussen V P, Ramsey R D, et al. Canopy reflectance estimation of wheat nitrogen content for grain protein management[J]. GISci. & Rem. Sens., 2004,41(4):287-300.