

灌溉定额对膜下滴灌玉米生理性状及产量的影响

唐光木¹, 何红², 杨金钰¹, 徐万里¹

(1. 新疆农业科学院 土壤肥料与农业节水研究所/绿洲养分与水土资源高效利用重点实验室,
乌鲁木齐 830091; 2. 国家棉花工程技术研究中心, 乌鲁木齐 830091)

摘 要:通过不同灌溉定额对膜下滴灌套播玉米生理性状及产量指标影响的研究,为套播玉米膜下滴灌栽培技术的应用和推广提供科学依据。在田间试验条件下,设置不同灌溉定额处理 3 000 m³/hm² (D1), 4 500 m³/hm² (D2), 5 250 m³/hm² (D3), 6 000 m³/hm² (D4) 和 6 750 m³/hm² (D5) 和常规地面灌(CK)处理,采用随机区组试验设计,研究不同灌溉定额对套播玉米生理性状和产量指标的影响。不同灌溉定额下套播玉米茎粗、株高、叶面积和 SPAD 值随灌溉定额的增加而增大,表现出 D5>D4>D3>D2>D1, 玉米整个生育期高灌溉定额(D5)比低灌溉定额(D1)分别平均提高 21.74%, 17.36%, 18.73%, 18.50%; 产量及产量构成在一定灌溉定额下(3 000~6 000 m³/hm²)随灌溉定额的增加而增大,超过一定的灌溉定额(>6 000 m³/hm²)对玉米的产量及产量构成无显著提高。膜下滴灌条件下,南疆套播玉米灌溉定额在 5 250~6 000 m³/hm² 内比较合适。

关键词:灌溉; 膜下滴灌; 生理性状; 产量

中图分类号: S274.1; S513

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2014)03-0293-05

Effect of Irrigation Quota on Physiological Characteristic and Yield in Drip Irrigation under Mulch of Maize

TANG Guang-mu¹, HE Hong², YANG Jin-yu¹, XU Wan-li¹

(1. Institute of Soil and Fertilizer and Agricultural Sparing Water, Key Laboratory of Oasis Nutrient and Efficient Utilization of Water and Soil Resources, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, China; 2. National Engineering Technical Research Center of Cotton, Urumqi 830091, China)

Abstract: A study on physiological characters and yield index of maize by the different irrigation quota in drip irrigation under mulch was conducted in order to provide scientific basis for application and popularization of drip irrigation under film in maize. The effect of different irrigation quota [3 000 m³/hm² (D1), 4 500 m³/hm² (D2), 5 250 m³/hm² (D3), 6 000 m³/hm² (D4), 6 750 m³/hm² (D5)] and routing irrigation(CK) on the physiological characters and yield index were studied by random block experiments in the field experiment. In different irrigation quota, stem diameter, height, leaf area and SPAD of maize increased with irrigation quota, as showed that D5>D4>D3>D2>D1, and high irrigation quota increases by 21.74%, 17.36%, 18.73% and 18.50% averagely than low in the whole growth period of maize. Yield and yield component of maize increased with irrigation quota in the certain irrigation quota(3 000~6 000 m³/hm²), but it insignificantly increased over 6 000 m³/hm². In the drip irrigation under mulch, it was an appropriate irrigation quota in the range from 5 250 to 6 000 m³/hm² of interplanting corn in the southern region of Xinjiang.

Key words: irrigation; drip irrigation under mulch; physiological characters; yield

新疆位于我国西北内陆地区,水资源不足不仅是严重的环境问题,也是作物正常生长发育和产量形成的必需条件^[1],对作物体内水分平衡和产量构成具有重要影响^[2]。同时玉米不仅是重要的粮食作物之一,

发展玉米生产对国家粮食安全及经济发展具有举足轻重的作用^[3],而且玉米也是耗水量较大的农作物。因此在水资源供需矛盾日益尖锐的条件下,如何优化灌溉,提高水分利用效率,实现玉米生产既节水又优

收稿日期:2013-10-08

修回日期:2013-10-25

资助项目:国家科技支撑计划项目(2009BADA4B03);新疆农业科学院重点实验室建设项目(xjnkkl-2013-001)

作者简介:唐光木(1983—),男,河南郑县人,助理研究员,硕士研究生,研究方向为农田生态及碳氮循环。E-mail:tangjunhui5120@126.com

通信作者:徐万里(1971—),男,陕西凤翔人,研究员,博士研究生,研究方向为土壤培肥与改良。E-mail:wlxu2005@163.com

质高产,对新疆农业的可持续发展具有重要意义^[4]。目前,滴灌技术应用于大田玉米灌溉方面的研究还处于初步阶段,这些研究主要集中于不同灌水模式下玉米水分生产效率上的差异及其优越性^[5-8]以及灌溉制度对玉米需水规律的相关研究^[9]。玉米高产的形成需要充足的光、热、水、肥、气等,而水分是决定产量的最活跃因素,只有适宜的水分含量,其他因素才能发挥最大作用,形成玉米高产,而灌溉用水不足或者过大都会制约玉米产量的形成。本文旨在研究膜下滴灌条件下,进行不同灌溉定额对玉米生育期生理性状和产量形成的影响研究,为新疆水资源的充分利用以及膜下滴灌技术在玉米上的应用提供理论基础和数据支撑。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验位于新疆喀什地区疏勒县洋大曼乡八大队(76°14'E,39°21'N),海拔1 254 m,无霜期211 d左右,年降水量72.2 mm,年蒸发量2 537.8 mm,年平均气温11.8℃,日照时数2 870.6 h,≥10℃的有效积温4 259.9℃,属于暖温带大陆性干旱型气候。土壤类型为棕漠土,土壤质地为砂壤土,土壤的基本理化性质为有机质12.61 g/kg,全氮0.62 g/kg,全磷0.79 g/kg,碱解氮54.04 mg/kg,速效磷16.80 mg/kg,速效钾123.08 mg/kg,pH值8.12,耕层含盐量1.84 g/kg。

1.2 试验设计

供试玉米品种选自喀什地区主栽的套播玉米品种郑单958。膜下滴灌种植模式为1垄2管4行玉米,采用宽窄行种植,窄行行距40 cm,宽行行宽60 cm,株距12 cm,理论株数75 000株/hm²,保苗株数68 750株/hm²。4月15日采用覆膜铺管播种一体机进行播种,4月23号出苗,9月2日收获,全生育期140 d。试验全程采用滴灌系统,滴灌带间距60 cm,滴头间距30 cm,滴头流量2.2 L/s。

试验采用随机区组试验设计,共设5个灌溉定额处理,3次重复。灌溉定额分别为3 000 m³/hm²(D1),4 500 m³/hm²(D2),5 250 m³/hm²(D3),6 000 m³/hm²(D4)和6 750 m³/hm²(D5),以常规地面灌为对照(CK),常规地面灌灌溉定额为8 250~9 750 m³/hm²,共18个小区,每个小区面积100 m²(25 m×4 m)。拔节期开始第一次滴灌(5月24日),灌溉周期为10 d,成熟收获前一周停止灌溉(8月24日),共滴灌9次。

1.3 测定项目与方法

套播玉米生长的关键期苗期(4月25日)、拔节期(5月25日)、大喇叭口期(6月10日)、抽雄吐丝期(7月3日)和收获期(9月2日)分别测定套播玉米的株高、茎粗、叶面积和叶绿素,套播玉米成熟后进行生物量和产量指标的测定。每个小区选择具有代表性的植株15株,挂牌标记,进行套播玉米相关指标的定点观测。

套播玉米生长的关键期每个小区对挂牌标记的植株用卷尺进行株高的测量,采用游标卡尺测量玉米的茎粗,采用扫描型手持式活体叶面积扫描仪YMJ-A进行测定,叶面积测定仪扫描每个叶片的实际面积,采用SPAD-502叶绿素仪测定叶片SPAD值;玉米收获期对挂牌标记的植株分别收获,进行玉米地上生物量和地下生物量以及考种,测定穗粒数、单穗重、千粒重、秃顶长度等指标,同时对每个小区进行双棒率、空秆率和病株率调查统计。

1.4 数据处理

数据采用Excel 2003和SPSS 13.0数据分析软件进行数据分析和差异显著性检验($P<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同灌溉定额对套播玉米茎粗和株高的影响

不同灌溉定额对套播玉米茎粗的影响表明,茎粗与灌溉定额存在正相关关系,随着灌溉定额的增大,玉米的茎粗呈现逐步增大的趋势,表现出D5>D4>D3>D2>D1(图1)。膜下滴灌条件下,在玉米生长的苗期、抽雄吐丝期和收获期灌溉定额对茎粗的影响较小,不同灌溉定额间茎粗变化不大,拔节期和大喇叭口期灌溉定额对玉米茎粗的影响较大,高灌溉定额D5比低灌溉定额D1分别提高了18.22%(苗期)、33.79%(拔节期)、17.74%(大喇叭口期)、19.55%(抽雄吐丝期)和19.38%(成熟期)。与常规地面灌相比,不同灌溉定额下,玉米茎粗在不同生育时期都呈现出相同的趋势,表现为D5>D4>D3>D2>CK>D1,说明膜下滴灌有利于玉米茎粗的生长,但低量灌溉(D1)时,水分缺乏则不利于玉米茎粗的生长。

不同灌溉定额下株高表现出随着灌水量的增加,玉米株高逐步增加,不同生育时期都表现出了D5>D4>D3>D2>D1(图1),高灌溉定额D5比低灌溉定额D1分别增加了2.90 cm(苗期)、7.01 cm(拔节期)、37.77 cm(大喇叭口期)、27.32 cm(抽雄吐丝期)和20.07 cm(成熟期);在玉米生长的苗期到抽雄吐丝期,玉米株高增加迅速,相比苗期,不同灌溉定额下

抽雄期株高增高了 146.09~170.51 cm,日均增高 2.11~2.47 cm;与常规地面灌相比,膜下滴灌有利于

玉米的生长,不同生育期玉米平均株高分别提高了 22.66%,44.27%,45.83%,30.00%,10.49%。

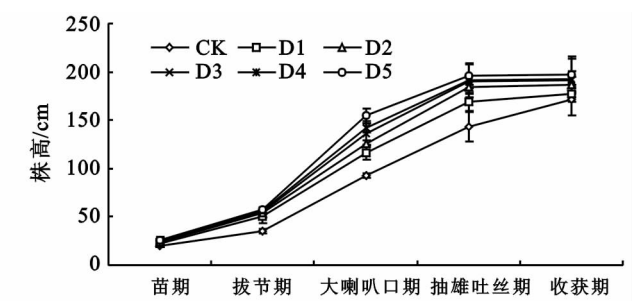
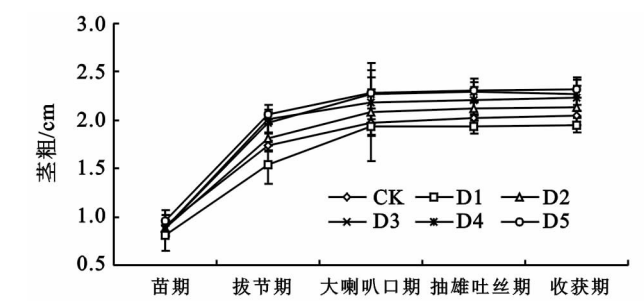


图1 不同灌溉定额套播玉米茎粗与株高变化

2.2 不同灌溉定额对套播玉米叶面积的影响

不同灌溉定额对套播玉米叶面积的影响表明,玉米不同生育时期,随着灌溉水量的增加,叶面积也相应增大,苗期和收获期表现为 $D5>D4>D3>D2>D1$ (图2),高灌溉定额 D5 相比低灌溉定额 D1 叶面积提高了 24.34%和 24.70%;拔节期、大喇叭口期和抽雄吐丝期表现为 $D4>D5>D3>D2>D1$,灌溉定额 D4 相比低灌溉定额 D1 叶面积提高了 27.66%, 23.94%, 6.74%;不同生育时期,不同灌溉定额膜下滴灌玉米叶面积显著高于常规地面灌,相比常规地面灌分别增加了 3.68 cm², 950.14 cm², 1 950.24 cm², 2 445.75 cm², 1 986.12 cm²。说明不同灌溉定额膜下滴灌对玉米叶面积的增加具有一定的影响,并显著大于常规地面灌,但灌溉定额在一定程度上有利于玉米叶面积的增加,但超过一定量的灌溉定额(大于 D4),可能叶面积的增加产生不利的影响。

SPAD 值都表现出 $D5>D4>D3>D2>CK>D1$,常规地面灌 CK 叶片 SPAD 值比低灌溉定额 D1 分别提高了 0.98%, 4.20%, 7.96%, 6.45%, 9.56%。

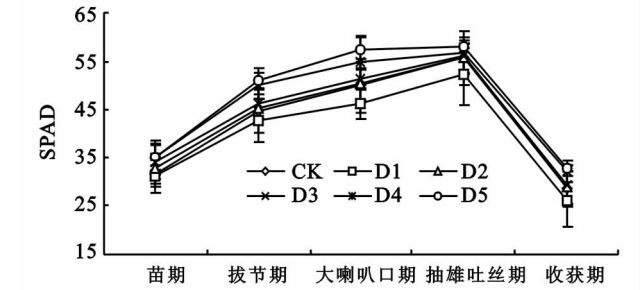
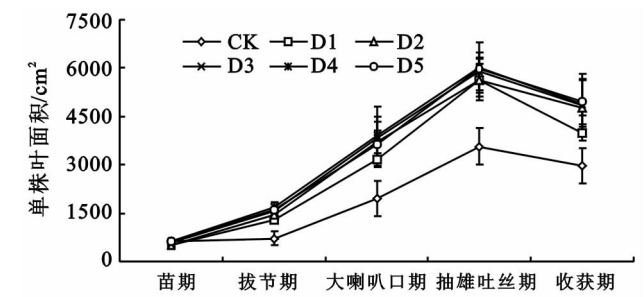


图2 不同灌溉定额单株叶面积变化

图3 不同灌溉定额叶片 SPAD 值变化

2.3 不同灌溉定额对套播玉米叶片 SPAD 值的影响

SPAD 值是基于测定特定光谱波段叶绿素对光的吸收而获得的,SPAD 叶绿素仪测定的是作物叶片叶绿素的相对含量^[10]。不同灌溉定额膜下滴灌套播玉米 SPAD 值随着灌溉定额的增加而增大,表现出 $D5>D4>D3>D2>D1$ (图3),高灌溉定额(D5)相比低灌溉定额(D1),玉米不同生育时期叶片 SPAD 值分别增加了 4.06(苗期)、8.03(拔节期)、11.09(大喇叭口期)、5.82(抽雄吐丝期)和 6.67(成熟期);不同灌溉定额与常规地面灌相比,不同时期玉米叶片

2.4 不同灌溉定额对套播玉米产量及农艺性状的影响

套播玉米产量相关的农艺性状在不同灌溉定额下表现出随灌溉定额的增大,玉米的双棒率和单株鲜重逐步增加,表现出 $D5>D4>D3>D2>D1$ (表1),高灌溉定额 D5 相比低灌溉定额 D1 玉米的双棒率提高了 165.24%,单株鲜重增加了 90.48 g;玉米的空秆率、病株率和秃顶长度则随着灌溉定额的增加而降低,表现出 $D5<D4<D3<D2<D1$,高灌溉定额比低灌溉定额空秆率和秃顶长度分别减低了 58.68%和 45.80%,而病株率在高灌溉定额 D5 条件下没有发生。与常规地面灌 CK 相比,CK 的空秆率、病株率和秃顶长度低于低灌溉定额 D1,分别降低了 22.67%, 18.26%, 8.19%;双棒率和单株鲜重则分别降低了 1.41, 58.73 g。

玉米产量及其产量构成在不同灌溉定额下表现不同,穗粒数随灌溉定额的增加而增多,表现为 $D5>D4>D3>D2>D1$ (表2),高灌溉定额 D5 相比低灌溉定额 D1,穗粒数提高了 9.60%,灌溉定额有利于玉米穗粒数的增加。千粒重和产量则表现为 $D4>D3>D5>D2>D1$,灌溉定额 D4 相比低灌溉定额 D1,千粒重和产量分别提高了 13.92%和 59.76%;高灌溉定额 D5 则比 D4 降低了 3.39%和 3.81%,比 D3 降低了 0.43%和 3.11%,说明适宜的灌溉定额有利于玉

米千粒重和产量的形成,而超额的灌溉定额不仅造成水资源的浪费也不利于产量的形成。单穗重为 $D4>D5>D3>D2>D1$,灌溉定额 $D4$ 相比高灌溉定额 $D5$ 仅增加了 1.20 g,比 $D1$ 则增加了 36.35 g。不同灌溉

定额玉米产量及其产量构成与常规地面灌 CK 相比,穗粒数表现为 $D5>D4>D3>D2>D1>CK$,单穗重、千粒重和产量则表现出 $D2、D3、D4$ 和 $D5>CK>D1$,低灌溉定额 $D1$ 对产量的贡献率要小于常规地面灌 CK 。

表 1 不同灌溉定额套播玉米产量性状

处理	双棒率/%	空杆率/%	病株率/%	秃顶长度/cm	单株鲜重/g
CK	5.28+4.61cB	3.34+0.79bA	2.15+0.91abAB	3.00+0.37aBA	349.66+95.00bA
D1	6.69+4.84bcAB	4.32+0.66aA	2.63+1.00aA	3.27+0.43aA	408.38+64.66abA
D2	13.13+3.89abcAB	1.50+0.20cB	1.25+0.00bABC	2.44+1.07abA	453.96+48.53abA
D3	14.09+4.64abAB	1.37+0.42cB	1.17+0.19bBC	2.41+1.01abA	485.48+72.05aA
D4	17.31+1.33aAB	1.34+0.15cB	0.45+0.00bABC	2.18+0.96abA	501.55+10.70aA
D5	17.75+7.56aA	1.78+0.15cB	0.00+0.00cC	1.77+0.37bA	498.87+66.75aA

表 2 不同灌溉定额套播玉米产量及其构成

处理	穗粒数/粒	单穗重/g	千粒重/g	产量/(kg·hm ⁻²)
CK	485.07+44.93bB	247.20+5.05cB	328.80+17.16bA	10178.31+911.35bcB
D1	533.20+53.39abAB	242.98+6.61cB	322.04+25.38bA	9387.51+1391.35cB
D2	549.53+12.85aAB	252.33+17.66bcAB	351.12+6.01abA	11316.07+725.47bB
D3	556.4022.41aAB	269.67+21.22abAB	355.95+27.68abA	14889.19+807.98aA
D4	581.87+27.88aA	279.33+4.32aA	366.8517.74aA	14997.35+676.55aA
D5	584.40+23.04aA	278.13+7.86aA	354.41+16.79abA	14425.73+618.62aA

2.5 灌溉定额与套播玉米产量构成的相关性分析

不同灌溉定额与玉米产量及其产量构成之间的相关性分析表明(表 3),灌溉定额与玉米的空杆率、病株率和秃顶长度呈现显著的负相关关系($P<0.01$),但玉米的双棒率和千粒重随灌溉定额增大而增加($P<0.05$),单穗重和产量表现出显著的增加趋势($P<0.01$),穗粒数和单株鲜重与灌溉定额也呈现

正相关的关系,但差异不显著($P>0.05$),说明灌溉定额对玉米产量及其产量构成的贡献率较大。产量与产量构成的相关农艺性状间,双棒率、穗粒数、单穗重、千粒重以及玉米植株生物量的增加有利于玉米产量的形成,而空杆率、病株率和秃顶长度则影响玉米产量的增加。

表 3 灌溉定额与产量构成的相关性

指标	灌溉定额	双棒率	空杆率	病株率	秃顶长度	穗粒数	单穗重	千粒重	植株鲜重	产量
灌溉定额	1.000									
双棒率	0.544*	1.000								
空杆率	-0.638**	-0.647**	1.000							
病株率	-0.715**	-0.560*	0.578*	1.000						
秃顶长度	-0.531*	-0.391	0.509*	0.442	1.000					
穗粒数	0.366	0.434	-0.496*	-0.408	-0.452	1.000				
单穗重	0.692**	0.589*	-0.599**	-0.614**	-0.102	0.585*	1.000			
千粒重	0.493*	0.359	-0.736**	-0.359	-0.548*	0.433	0.363	1.000		
植株鲜重	0.374	0.426	-0.509*	-0.668**	-0.502*	0.345	0.399	0.597**	1.000	
产量	0.738**	0.613**	-0.780**	-0.611**	-0.536*	0.697**	0.794**	0.576*	0.548*	1.000

注: * 表示 $P<0.05$ 的显著水平, ** 表示 $P<0.01$ 的显著水平。

3 讨论

3.1 套播玉米生理性状变化

株高是影响产量的重要因素,作物的形态结构在很大程度上决定作物的竞争能力和资源获取强度,茎秆的生长与伸长是作物对光的竞争能力的直接体现。本研究表明随着灌溉定额的增大,玉米不同生育期茎粗和株高也随之增大,这与刘站东^[11]和郑和祥^[12]等研究结论灌溉定额与玉米株高和茎粗基本成正比例

关系相一致。

叶片是玉米截获光能并进行光合作用的主要器官,叶面积的大小和发展动态是衡量群体结构是否合理的重要依据之一^[13]。已有的研究表明土壤水分变化对玉米叶面积指数以及单株叶面积有重要影响^[14],郭维^[15]的研究认为灌水量大,玉米植株生长旺盛,叶面积大,灌溉量小则叶面积值相对较小。本研究也得出相同的结论,随着灌水量的增大,叶面积也随之增大,但不同的是玉米叶面积在一定灌溉定额情况下

(3 000~6 000 m³/hm²),随灌溉定额的增大而增大,当灌溉定额超出一定范围(>6 000 m³/hm²),叶面积则开始下降,这与田育丰^[16]的研究结论相一致。基于测定特定光谱波段叶绿素对光的吸收而获得的SPAD值是作物叶片叶绿素的相对含量^[10]。而叶绿素含量是指植物对水分胁迫反应敏感的生理指标之一。本研究表明随着灌溉定额的增加,玉米叶片SPAD值也随之增大,说明土壤水分充足,玉米能够更充分利用光能资源进行光合作用,促进玉米植株的生长发育。

3.2 套播玉米产量及其产量构成变化

刘战东等^[11]研究表明膜下滴灌玉米产量随灌水量的增加而增加,穗长、穗粗、单穗重以及千粒重等产量构成因素也随灌溉定额的增加而呈增加趋势,穗粒数规律性不明显,Saeed等^[17]认为额外的灌溉会使产量提高。本研究表明随着灌溉定额的增加,玉米的空秆率、病株率和秃顶长度呈现不同程度的降低,双棒率和穗粒数有了显著的提高,增加灌溉水量可降低玉米不良植株的发育以及发病率,促进玉米的健康成长和产量构成;但灌溉定额超出6 000 m³/hm²时,玉米的单穗重、千粒重和产量则出现不同程度的降低,这可能是因为水分过于充足,玉米的生育期被推迟,在玉米收获期,玉米籽粒没有完全成熟,导致了单穗重、千粒重和产量的降低,这与刘玉洁等^[18]的研究结论适当增加灌溉定额在一定程度上可增加作物产量,但超过一定值之后,产量并无显著提高相一致。

4 结论

不同灌溉定额对膜下滴灌套播玉米的生理性状和产量具有重要的影响,随着灌溉定额的增大,套播玉米的茎粗、株高、叶面积和SPAD值也随之增大,表现出D5>D4>D3>D2>D1,玉米整个生育期高灌溉定额(D5)比低灌溉定额(D1)分别平均提高21.74%,17.36%,18.73%,18.50%,增大灌溉量有利于玉米的营养生长和生殖生长;产量及产量构成在一定灌溉定额下(3 000~6 000 m³/hm²),随灌溉定额的增大而增大,千粒重和产量表现为D4>D3>D5>D2>D1,单穗重表现为D4>D5>D3>D2>D1,说明超过一定的灌溉定额(>6 000 m³/hm²),对玉米的产量及产量构成无显著提高。由此可知,在膜下滴灌条件下,灌溉定额在5 250~6 000 m³/hm²时比较适宜。

参考文献:

[1] 张淑勇,国静,刘炜,等.玉米苗期叶片主要生理生化指标对土壤水分的响应[J].玉米科学,2011,19(5):68-72,

- 77.
- [2] 潘菊梅,李辛村,李涛,等.灌溉对粮饲兼用玉米根系分布及产量影响[J].干旱区资源与环境,2012,26(11):200-203.
- [3] 许彪,马文礼,许强.宁夏引黄灌区不同灌溉定额下玉米耗水特征及其对产量的影响[J].农业科学研究,2007,28(4):7-11.
- [4] 刘雁翼,杨贵森,张寄阳,等.利用气象资料指导膜下滴灌棉花灌溉的试验研究[J].灌溉排水学报,2008,27(3):37-40.
- [5] 张晓伟,黄占斌,李秧秧,等.滴灌条件下玉米的产量和WUE效应研究[J].水土保持研究,1999,6(1):72-75.
- [6] Pablo R G, O'Neill M K, McCaslin B D, et al. Evaluation of corn grain yield and water use efficiency using subsurface drip irrigation[J]. Journal of Sustainable Agriculture,2007,30(1):153-172.
- [7] Lamm F R, Trooien T P. Subsurface drip irrigation for corn production: a review of 10 years of research in Kansas[J]. Irrigation Science,2003,22(3/4):195-200.
- [8] Katsoulas N, Kittas C, Dimokas G, et al. Effect of irrigation frequency on rose flower production and quality[J]. Biosystems Engineering,2006,93(2):237-244.
- [9] 李久生,饶敏杰,张建君.干旱区玉米滴灌需水规律的田间试验研究[J].灌溉排水学报,2003,22(1):16-21.
- [10] 于亚利,贾文凯,王春宏,等.春玉米叶片SPAD值与氮含量及产量的相关性研究[J].玉米科学,2011,19(4):89-92,97.
- [11] 刘战东,肖俊夫,刘祖贵,等.膜下滴灌不同灌水处理对玉米形态、耗水量及产量的影响[J].灌溉排水学报,2011,30(3):60-64.
- [12] 郑和祥,郭克贞,郝万龙.作物生长指标与土壤水分状况及地温关系研究[J].水土保持研究,2011,18(3):210-216.
- [13] 刘建国,吕新,王登伟,等.膜下滴灌对棉田生态环境状况及作物生长的影响[J].中国农学通报,2005,21(3):333-335.
- [14] 李守谦,兰念军.干旱地区农作物需水量及节水灌溉研究[M].兰州:甘肃科学技术出版社,1993.
- [15] 郭维.黑龙江省西部玉米膜下滴灌试验研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2010.
- [16] 田育丰.限量灌溉和施氮水平对春玉米生长及生理特性的影响[J].广西农业科学,2010,41(10):1055-1057.
- [17] Saeed I A M, El-Nadi A H. Forage sorghum yield and water use efficiency under variable irrigation[J]. Irrigation Science,1998,18(2):67-71.
- [18] 刘玉洁,李援农,潘韬,等.不同灌溉制度对覆膜春玉米的耗水规律及产量的影响[J].干旱地区农业研究,2009,27(6):67-72.