

蒋菊芳, 齐月, 李英, 等. 水分胁迫对沙漠开发区饲用甜高粱生长的影响[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(14): 58-61.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.14.014

水分胁迫对沙漠开发区饲用甜高粱生长的影响

蒋菊芳^{1,2}, 齐月¹, 李英², 魏育国², 李兴宇²

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所/甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室/中国气象局干旱气候变化与减灾开放实验室, 甘肃兰州 730020;
2. 甘肃省武威市气象局农业气象试验站, 甘肃武威 733000)

摘要:通过正常灌水和水分胁迫处理对比试验,探索饲用甜高粱在沙漠开发区的生态适应性。结果表明,与正常灌水相比,水分胁迫加速甜高粱的发育进程,促使其提前成熟($P < 0.01$);干旱对甜高粱生长高度前期影响较小,出苗后63~137 d影响加大,日增高速率相差达0.26~0.48 cm/d($P < 0.01$);出苗98~137 d水分胁迫下甜高粱 LAI 偏小1.26~2.21,在形态上表现为叶宽偏小、绿叶数偏少($P < 0.01$);水分胁迫下甜高粱单株干物质偏小6.6~33.6 g/株,且拔节期至糖分积累期差异极显著,造成干物质向叶片和叶鞘分配转移减小,加速向茎部转移($P < 0.01$)。刈割时,水分胁迫处理株高、主茎粗偏小,绿叶数和总叶数偏少33.3%、10.2%,含糖量偏小28.4%,茎节数少9.1%,单位面积鲜质量产量偏小38.5%。

关键词:甜高粱;水分胁迫;沙漠开发区;影响;生态适应性;生长发育

中图分类号: S544+.901 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)14-0058-03

甜高粱 (*Sorghum bicolor*) 因其具有生物产量高、含糖量高、生长周期短、抗旱、耐盐碱和耐贫瘠等特性,被誉为“最具潜力的能源作物之一”^[1-3]。针对利用能源植物带来的粮价上涨和粮食安全问题,适应我国人多耕地少的国情,我国制定了“不与民争粮,不与粮争地”的生物质能源发展原则,所以发展能源植物不得不选择能生长在边际性贫瘠土壤的非粮作物^[4-6]。相关研究也表明,地理环境与甜高粱生物量和产糖量有很大关系,积温、降水对生物量具有显著影响,而气温变化和日照时间则显著影响含糖量;昼夜温差大,降水充沛,太阳辐射强的地方甜高粱的产量高,产糖量也高^[7-9]。河西走廊有大片沙漠治理区需要改良保护,土壤以风沙土、灰棕漠土为主,沙性大,土体疏松,土壤养分极度贫乏,漏水漏肥,不适宜种植粮食作物,而抗旱、耐盐碱的甜高粱就成为河西走廊沙漠治理区栽培的重点潜力作物^[10-12]。且随着河西走廊设施牛、羊养殖业的迅速发展壮大和封山禁牧政策的落实,饲料短缺已成为畜牧业发展的瓶颈因素,尤其是青贮饲料的储备。边际地带发展甜高粱种植,成为解决优质饲草的关键^[13-16]。本试验重点解决寻找河西适宜种植甜高粱的生态气候优势带,为政府和有关生产单位在扩大生产规模和基地规划建设以及优化种植结构调整方面提供科学依据,避免盲目种植和种植效益不高的问题。

收稿日期:2017-02-06

基金项目:公益性行业(气象)科研专项(重大专项)(编号:GYHY201506001-2);国家自然科学基金(编号:41275118);甘肃省气象局科研面上项目(编号:GSMAMs2016-13);干旱基金(编号:IAM201507);国家自然科学基金青年科学基金(编号:41505098)。

作者简介:蒋菊芳(1979—),女,甘肃武威人,硕士,高级工程师,主要从事农业与生态气象业务和科研工作。E-mail: wwxqjif@163.com。

1 材料与方法

1.1 试验区概况及试验设计

试验在甘肃省武威荒漠生态与农业气象试验站(37°53'N, 102°53'E)进行,试验田地处腾格里沙漠边缘,为典型的内陆荒漠干旱气候区,海拔1534.8 m。年均气温8.1℃,年平均降水量171 mm左右,且主要集中在6—9月;土壤质地为沙壤土,呈微碱性;地下水位25~36 m,一般采用井水漫灌;有机质含量0.7%,10~50 cm土壤容重1.45~1.49 g/cm³,田间持水量9.5%~19.6%,凋萎湿度5.4%~6.3%。

田间试验于2016年进行,大田试验小区随机排列,播种量、株距和田间管理一致。试验品种为甜高粱 BJ0603,2016年4月20日播种,采用小型播种机播种。试验设计为正常灌水处理:灌溉模式灌溉4水,不遮雨,6月11日浇头水,灌溉量1000 m³/hm²;7月6日浇拔节水,灌溉量1200 m³/hm²;7月28日浇第3次水,灌溉量1200 m³/hm²;8月21日浇第4次水,灌溉量800 m³/hm²。水分胁迫处理:不遮雨,4月10日只灌1次底墒水,灌溉量1800 m³/hm²。每种处理设3个重复,试验田面积均为65 m²,行株距25 cm×30 cm,播种深度10~20 cm。播种前施尿素225 kg/hm²,磷酸二铵187.5 kg/hm²,灌第3次水时追施尿素225 kg/hm²。甜高粱试验期内累计降水量为120.3 mm,平均气温18.5℃,平均最高气温26.4℃,平均最低气温10.7℃。根据中国气象局《农业气象观测规范》^[17]进行观测,甜高粱生长期每个重复固定10株,每7 d观测1次发育期、生长高度、土壤湿度、叶面积、植株干质量、鲜质量,每处理随机选取1 m²观测产量及产量构成。

1.2 统计与分析

采用 Excel 和 DPS 统计软件对试验数据进行相关分析处理。采用 STATISTICA 6.0 统计软件,对试验数据进行单因素方差分析(ANOVA),利用最小显著性差异(LSD)多重比较方法,对不同处理之间的差异性进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 水分胁迫对甜高粱发育期的影响

大田甜高粱出苗天数为14~15 d, 苗期达59~63 d, 全生育期为147~151 d。水分胁迫对甜高粱发育期的影响从分蘖期开始表现(表1), 水分胁迫条件下, 分蘖期提前2 d, 7叶期和拔节期分别提前4 d, 成熟期提前5 d。苗期(出苗期—拔

表1 不同水分处理下甜高粱发育期的变化(月-日)

处理方式	播种	出苗期	3叶期	分蘖期	7叶期	拔节期	成熟期
水分胁迫	04-20	05-04	05-11	05-26	06-04	07-02	09-13
正常灌水	04-20	05-04	05-11	05-28	06-08	07-06	09-18

2.2 水分胁迫对甜高粱生长高度的影响

不同水分处理下, 甜高粱植株生长高度均呈近似“S”形曲线, 全生育期株高生长速度呈现“慢—快—慢”的变化趋势(图1)。水分胁迫对甜高粱生长高度前期影响较小, 后期影响明显。出苗后3~57 d水分胁迫处理的甜高粱株高较正常灌水偏小0.4~7.8 cm, 日增高速率水分胁迫较正常灌水偏小0.06~0.25 cm/d; 出苗后63~137 d 2处理间株高相差19.8~39.0 cm, 日增高速率相差0.26~0.48 cm/d, 在出现 ≥ 35 °C高温时段生长速率明显减小, 日增高速率相差减小为0.18 cm/d。方差分析结果表明, 2种处理间存在极显著性差异($F_1 = 78.27 > F_{0.01} = 8.10$), 水分胁迫下甜高粱生长高度和日增长速度在出苗63 d后均显著低于正常灌水的甜高粱。

2.3 水分胁迫对甜高粱叶面积指数(LAI)和绿叶数的影响

由图2可知, 不同水分处理下, 大田甜高粱苗期叶面积指数增长较快, 出苗后126 d达到高峰, 之后随着下部叶片枯黄缓慢下降。出苗41~84 d正常灌水的甜高粱LAI为0.15~1.84, 出苗98~137 d时达3.39~4.93; 而水分胁迫的甜高粱LAI出苗41~84 d为0.08~1.68, 出苗98~137 d为2.03~2.72; 前期正常灌水较水分胁迫处理偏大0.06~0.60, 后期偏大1.26~2.21。LAI增长率呈现缓慢增加—快速增加—缓慢减小, 出苗132 d后出现负增长率, 且 ≥ 35 °C高温时段水分

胁迫以根为生长中心, 是甜高粱扎根、长叶和分化茎节的关键生长阶段, 水分胁迫处理下, 出苗—分蘖较正常灌水缩短2 d, 3~7叶期缩短4 d, 分蘖期—拔节期缩短1 d; 生殖生长期(拔节期—成熟期), 水分胁迫处理拔节期—成熟期缩短1 d, 全生育期缩短5 d。方差分析显示, 处理间差异达到极显著($F_1 = 398.57 > F_{0.01} = 16.26$), 说明水分胁迫加速甜高粱的发育进程, 促使其提前成熟。

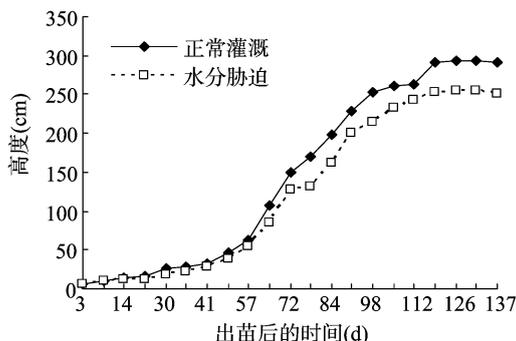


图1 不同水分处理下甜高粱高度的变化

胁迫处理LAI增长率出现负值, 高温加剧了干旱胁迫。随着甜高粱的生长发育进程, 2处理间差异逐渐显现($P < 0.01$), 水分胁迫处理的甜高粱叶片表现为狭长型, 叶宽小于正常灌水0.1~0.5 cm。

叶片数量直接影响作物光合作用的进行。2种处理下, 绿叶数呈快速增多—缓慢减少, 出现2叶至5叶的时间和间隔期基本一致, 随着甜高粱植株生长所需水分的增加, 正常灌水的叶片数和出叶速率明显高于水分胁迫处理, 出苗30 d后正常灌水叶片数多0.5~3.0张, 出叶速率偏高0.01~0.03张/d, 处理间差异极显著($P < 0.01$)。

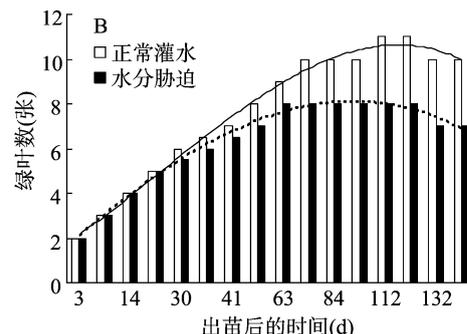
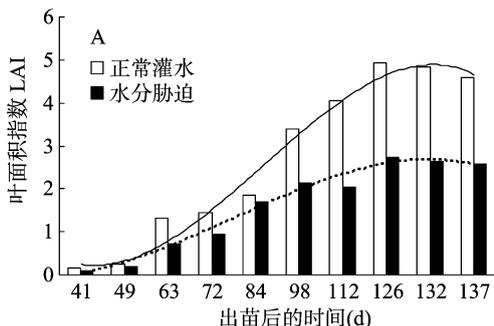


图2 不同水分处理下甜高粱叶面积指数(A)和绿叶数(B)的变化

2.4 水分胁迫对甜高粱干物质积累分配的影响

干物质的形成受群体密度、结构、叶面积和土壤水分等因素影响, 在不同阶段不同小气候环境下不尽相同, 但是在干旱区仍以水分因子占主导作用。由图3可见, 在苗期土壤水分条件相差较小, 不同水分处理间干物质差异不大。第1次灌水后, 不同水分处理对干物质的影响也并未立即显现出来, 当土壤水分下降到一定阈值, 水分胁迫处理下甜高粱植株生长速率减慢, 叶片生理功能衰减, 导致干物质明显减小, 从出苗

后84 d开始, 干物质差异显著, 水分胁迫甜高粱单株干物质较正常灌水的偏小6.6~33.6 g/株, 出现高温天气时段两者相差减小。2处理间方差分析结果显示, 差异极显著($F_1 = 15.52 > F_{0.01} = 8.28$)。从发育阶段和水分胁迫对干物质影响的方差分析看, 拔节期至糖分积累期(出苗后72~112 d)差异极显著, 反映出3叶至8叶期水分需求较小, 可以限量灌溉, 而拔节后是植株快速生长、干物质积累和品质形成关键期, 耗水多, 且此时是高温、干旱多发期, 需充分灌溉才能保证

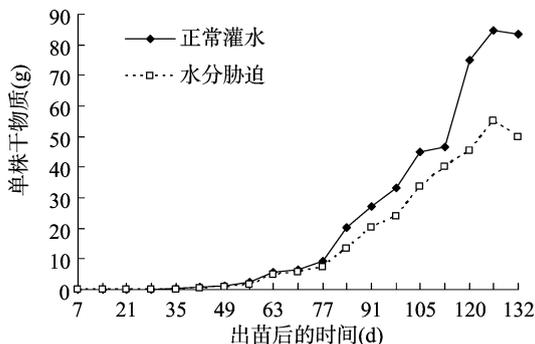


图3 不同水分处理下甜高粱单株干物质的变化

高产、高品质。

植株在不同生育阶段,叶、鞘、茎和果实所占比例不同。由图4可见,甜高粱在苗期叶片的干物质所占比重最大,但随着生育进程,叶片的干物质分配率呈直线型下降趋势,苗期叶片分配率达70%~81%,到刈割期下降至30%~35%;叶鞘的

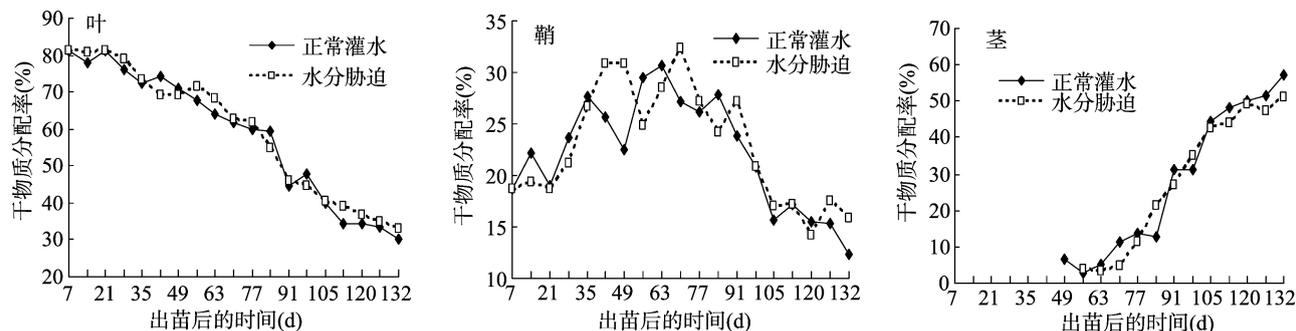


图4 不同水分处理下干物质在甜高粱各个部位的转移变化

表2 甜高粱收获时产量性状及鲜质量产量

处理	株高 (cm)	茎粗 (mm)	绿叶数 (张)	总叶数 (张)	含糖量 (%)	茎节数 (节)	鲜质量产量 (kg/hm ²)
水分胁迫	278.8 ± 7.6b	12.2 ± 0.5b	5.6 ± 0.2b	8.8 ± 0.4a	4.48 ± 0.2b	5.0 ± 0.2a	58 598.0 ± 336.2A
正常灌水	329.4 ± 3.2a	15.2 ± 0.7a	8.4 ± 0.5a	9.8 ± 0.4a	6.26 ± 0.2a	5.5 ± 0.3a	95 331.0 ± 256.1B

注:同列数据后不同小写、大写字母分别表示处理间差异显著($P < 0.05$)、极显著($P < 0.01$)。

3 结论与讨论

水分胁迫加速甜高粱的发育进程,缩短其生命周期,降低产量,影响各生育指标,尤其是甜高粱生长后期,与正常灌水差异显著。水分胁迫处理不仅影响甜高粱生育期,还造成生长速度减缓,高度、叶面积指数减小,绿叶数减少,植株光合作用积累有机物的时间缩短,生物量也减小,降低单株产量,影响甜高粱营养物质分配转移和含糖量的提高。

由于播前底墒处理及田间管理一致,甜高粱生育初期土壤水分条件基本处于同一水平,苗期耗水少,以扎根、长叶为主,发育期、高度、叶面积和干物质等差异不大。甜高粱进入7~8叶期时,植株生长转入茎节快速分化的伸长期。对降水稀少的干旱区而言,拔节期后进入新陈代谢旺盛期,是需水关键期,水分胁迫造成水分不足,生育期提前4 d,生长高度较正常灌水减小12%~20%,叶面积指数减小25%~45%,绿叶数偏少0.5~1.5张,积累的单株干物质偏小13%~27%,营养物质向叶片、叶鞘分配转移的速度明显下降。出苗后98~126 d,甜高粱植株处于水分临界期,对水分反应非常敏感,水

干物质分配率在整个生育期呈单峰型变化趋势,苗期占到18%~20%,拔节期达到峰值占30%~33%,刈割期仅占到12%~16%;茎的干物质分配率在整个生育期呈直线增大趋势,与叶片相反,苗期分配率仅3%~11%,到刈割期增大至51%~57%。方差分析显示,2处理间差异均达到极显著水平($F_{叶} = 165.1 > F_{鞘} = 79.6 > F_{茎} = 10.9 > F_{0.01} = 8.4$)。受水分胁迫影响,拔节后干物质向叶片和叶鞘分配转移减小,加速向茎部转移,且影响加大。

2.5 水分胁迫对甜高粱产量性状的影响

由表2可见,收获时,水分胁迫处理对甜高粱产量性状有较大影响,2种处理间除总叶数和茎节数差异不显著外,其余产量性状存在显著和极显著差异。与正常灌水相比,水分胁迫处理株高、主茎粗偏小15.4%、19.7%,绿叶数和总叶数分别偏少33.3%、10.2%,含糖量偏小28.4%,茎节数偏少9.1%,单位面积鲜质量产量偏小38.5%。

分胁迫下植株外部形态指标与正常灌水差异达到极显著水平,高度相差达20~39 cm,叶面积指数相差2.02~2.12,绿叶数相差达2~3张叶,干物质相差幅度达25%~40%,养分运输中心转向茎秆。成熟刈割时,2种处理差异显著,水分胁迫处理株高偏小50.6 cm、主茎粗偏小3.0 mm,绿叶数和总叶数分别少2.8、1.0张,含糖量偏小1.78个百分点,茎节数少0.5节,单位面积鲜质量产量偏小36 733 kg/hm²。

综上所述,水分胁迫对甜高粱苗期影响较小,拔节期后影响加大,最终导致产量大幅降低。河西走廊荒漠开发区具有日照充足、气温日较差大、光热水匹配较好的气候特点,且有大片需开发的沙荒地,适合甜高粱产业发展。对不能保证灌溉的区域,可以作为青绿饲料进行2茬刈割,头茬在拔节期株高150 cm左右时收割,留茬高度10 cm左右;第2茬在9月中旬至下旬早霜来临之前收获。

参考文献:

[1] 解婷婷,苏培玺. 干旱区不同土地类型下甜高粱叶片光合特性和水分利用效率[J]. 中国农业科学,2011,44(2):271-279.

周国雁,隆文杰,汤翠凤,等. 云南不同水稻种子发芽力、衰退率和贮藏寿命的比较[J]. 江苏农业科学,2018,46(14):61-66.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.14.015

云南不同水稻种子发芽力、衰退率和贮藏寿命的比较

周国雁,隆文杰,汤翠凤,雷涌涛,蔡青,伍少云

(云南省农业科学院生物技术与种质资源研究所/云南省农业生物技术重点实验室/农业部西南作物基因资源与种质创制重点实验室,云南昆明 650205)

摘要:为比较不同水稻种子的发芽力和在不同贮藏环境中的衰退率和寿命,选择5个云南育成的水稻品种种子密封贮藏于3种温度和3种水分含量组成的9种试验条件下,获得种子发芽率及对应贮藏时间的成对数据。对贮藏前后的发芽率进行比较,发现凤稻20号(FD20)和合系22号(HX22)种子在贮藏前的发芽率低于80%,具有一定的休眠性,沾梗9号(ZJ9)、云恢188(YH188)和云紫一号(YZ1)的种子则无此现象。分析IBM SPSS 19拟合的种子发芽率及死亡率对贮藏时间的线性回归方程,发现FD20和HX22种子的衰退率比YH188和YZ1高,而贮藏寿命则比后者短。比较Origin Pro 8绘制的种子存活曲线和死亡曲线,发现FD20和HX22种子的曲线是呈直线下降和直线上升的过程,没有ZJ9、YH188和YZ1的缓慢下降和缓慢上升过程。所以,有休眠、发芽率低的种子,其贮藏寿命短的原因是它们在贮藏开始时便进入了生活力快速衰退的阶段。

关键词:水稻种子;发芽力;种子衰退率;贮藏寿命

中图分类号: S511.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)14-0061-06

种子是被子、裸子植物最主要的繁殖器官和遗传物质的载体^[1],其质量或发芽力的高低,决定了种子的贮藏寿命和

收稿日期:2017-01-22

基金项目:国家农作物种质资源平台(云南)(编号:NICGR2016-030);云南省农业科学院专项(编号:2016YFBZ003)。

作者简介:周国雁(1982—),女,硕士,副研究员,主要从事种质资源繁育保存与创新研究,E-mail:yanguzhou@126.com;共同第一作者:隆文杰(1982—),男,重庆人,硕士,助理研究员,主要从事种质资源繁育保存与创新研究,E-mail:lwj820313@163.com。

通信作者:蔡青,博士,研究员,主要从事生物技术与作物种质资源研究,E-mail:caiqingysri@163.com;伍少云,研究员,主要从事种质资源保存与创新研究,E-mail:caiyunwu205cn@aliyun.com。

需要重新繁殖的时间。影响种子发芽力的因素虽然有很多,如收获前的病虫害、降水,收获后的加工脱粒及运输方法,等等。但是,对种子发芽力影响最大的因素则是种子本身的构造、化学成分、休眠程度等遗传因素。种子的自然寿命是其从完全成熟到自然衰老直至死亡所经历的时间期限,而贮藏寿命则是其在干燥保藏后保持一定生存能力的时间^[2],是自然寿命的有限延长。

研究表明,休眠是影响种子发芽力最主要的遗传因素。有休眠性的种子,一般也都有较低的发芽力,在贮藏后,它们中活下来的部分虽然比高活力种子中活下来的部分更可能有正态或接近正态分布的特征^[3],但是,它们的贮藏寿命不能用生存力模型^[4]预测。因为休眠种子实际维持一定生存能

[2]李春宏,张培通,郭文琦,等. 甜高粱青贮饲料研究与利用现状及展望[J]. 江苏农业科学,2014,42(3):150-152.

[3]解婷婷,苏培玺. 干旱胁迫对河西走廊边缘绿洲甜高粱产量、品质和水利用效率的影响[J]. 中国生态农业学报,2011,19(2):300-304.

[4]张强,王润元,邓振镛,等. 中国西北干旱气候变化对农业与生态影响及对策[M]. 北京:气象出版社,2012:100-297.

[5]张宝贵,谢光辉. 干旱半干旱地区边际地种植能源作物的资源环境问题探讨[J]. 中国农业大学学报,2014,19(2):9-13.

[6]唐三元,席在星,谢旗. 甜高粱在生物能源产业发展中的前景[J]. 生物技术进展,2012,2(2):81-86.

[7]李春喜,冯海生. 甜高粱在青海高原不同海拔生态区的适应性研究[J]. 草业学报,2013,22(3):51-59.

[8]穆静,刘小京,徐进,等. 氮素对NaCl胁迫下甜高粱种子萌发及芽苗生长与生理的影响[J]. 中国生态农业学报,2012,20(10):1303-1309.

[9]赵艳云,许卉,陆兆华,等. 盐碱、干旱胁迫下甜高粱能源性状及抗逆机理研究进展[J]. 江西农业大学学报,2015,37(1):54-59.

[10]王致和,张肖凌,张秀华,等. 河西地区甜高粱品种比较试验[J]. 中国糖料,2016,38(3):30-32,37.

[11]韩立朴,马凤娇,谢光辉,等. 甜高粱生产要素特征、成本及能源效率分析[J]. 中国农业大学学报,2012,17(6):56-69.

[12]李明达,张红萍. 水分胁迫及复水对豌豆干物质积累、根冠比及产量的影响[J]. 中国沙漠,2016,36(4):1034-1040.

[13]李保全,王致和. 武威甜高粱产业发展现状及思考[J]. 中国糖料,2015,37(5):75-77.

[14]蒋菊芳,刘明春,魏育国,等. 不同灌溉量对沙漠边缘春小麦生育特征及产量的影响[J]. 安徽农业科学,2009,37(29):14075-14077.

[15]严洪冬,焦少杰,王黎明,等. 气象条件对甜高粱农艺性状的影响[J]. 黑龙江农业科学,2011(11):7-9.

[16]李春宏,郭文琦,张培通,等. 土壤盐胁迫降低后甜高粱的补偿生长和盐离子分布特征[J]. 中国生态农业学报,2016,24(5):637-642.

[17]国家气象局. 农业气象观测规范(上卷)[M]. 北京:气象出版社,1993:7-153.