

刘会玲,崔江慧,常金华. 氮素调控对边际土地甜高粱养分吸收和效益的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(18):64-67.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.18.016

# 氮素调控对边际土地甜高粱养分吸收和效益的影响

刘会玲,崔江慧,常金华

(河北农业大学/河北省农田生态环境重点实验室,河北保定 071001)

**摘要:**通过田间试验,研究了氮素调控对边际土地 3 个品种甜高粱养分吸收和效益的影响。结果表明,不同品种甜高粱对氮素的响应不同,氮素的施用提高了植株鲜质量、干物质累积量、氮含量和吸收量、钾吸收量,而磷含量和吸收量出现了下降趋势。不同器官的氮、磷吸收量均为叶片>茎秆、穗;钾吸收量为茎秆>叶片>穗,茎秆的钾吸收量约占植株钾吸收量的 60%~70%,叶片占 20%~30%,穗占 10%左右。氮素对品种 3(CP115)的增产作用最大。随着氮素用量的增加,氮肥利用率降低。与无氮投入相比,在相同的氮素投入下,品种 2(CP090155)的施肥效益较低,适宜在氮素资源紧缺地区应用;品种 3 的经济效益增加较多,增产潜力也较大,适宜在生产上推广。兼顾效益和产量的最佳施氮量,品种 1(090111)以 N1 水平为宜,品种 2 可以不施氮肥,品种 3 还有待于进一步研究。

**关键词:**甜高粱;氮素;边际土地;养分吸收;效益

**中图分类号:** S143.1;S514.06

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1002-1302(2018)18-0064-04

高粱[*Sorghum bicolor* (L.) Moench]具有较高的经济和食用价值,在农业生产中占重要地位。由于其抗旱、耐涝、耐盐碱,适应性强,世界高粱播种面积和总产量仅次于小麦、水稻、玉米、大麦,居第 5 位。高粱用途广,籽粒除食用外,还是淀粉、制醋、酿酒的重要原料;成熟前的茎叶可做青贮饲料;成熟后的茎秆是造纸的好原料,又可用于支架、建材、板材、燃料、编织;茎叶还可提取医用氯化钾;脱粒后的穗壳可做笤帚、炊帚,高粱壳可提取色素。在水土流失多发的丘陵地区,合理种植高粱,能有效减少雨水对土壤的直接侵蚀,对水土保持具有重要意义<sup>[1]</sup>。甜高粱是普通粒用高粱的一个变种,除具有高粱的优良特性外,还具备生产潜力大、生物学产量高、糖分含量高特点,主要用作糖料、饲料和能源作物<sup>[2]</sup>;且不与粮食作物争地,在丘陵、山地等边际土地生长良好。作为青贮饲料,与玉米相比,甜高粱适应的区域较广,尤其是干旱和盐碱地区<sup>[3]</sup>。甜高粱可以替代粮食生产燃料乙醇,用其生产乙醇转化率高、成本低,有利于保护环境。

近年来,随着社会经济的发展和科学技术的进步,甜高粱的优良特性和利用价值日益受到重视。《可再生能源发展“十一五”规划》中明确指出,在东北、山东等劣质土地资源丰富的地区,合理开发盐碱地、荒草地、山坡地等边际土地,集中种植甜高粱。合理发展甜高粱生产,尤其是在边际土地上种植甜高粱,不仅促进边际土地的高效利用,还有利于保障粮食生产、缓解能源紧张、减少环境污染、增加农民收入。关于甜高粱的研究很多,已有研究表明,甜高粱具有耐贫瘠、节肥的优良特性,在肥力良好的土壤上,不建议施用氮肥,有利于减少能源作物生产投入<sup>[4]</sup>。但是对边际土地甜高粱的研究较少<sup>[5-7]</sup>,而边际土地的特性限制了其生产投入。鉴于此,本研究通过田间试验,研究氮素调控对边际土地甜高粱养分吸收和效益的影响,为边际土地资源开发利用和甜高粱高效生产提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试甜高粱品种 3 个,分别为品种 1(090111)、品种 2(cp090155)、品种 3(cp115)。

### 1.2 试验设计

试验于 2013 年 6—10 月在河北农业大学三分厂进行,试验地为贫瘠撂荒地,沙壤质潮土,土壤 pH 值 8.00,有机质含

收稿日期:2017-03-01

基金项目:河北省政府财政预算项目(编号:2014995161)。

作者简介:刘会玲(1973—),女,河北滦南人,硕士,高级实验师,主要从事农业资源利用研究。Tel:(0312)7528215;E-mail:liuhuilin2009@126.com。

[9]刘波,吴礼树,鲁剑巍,等. 不同耕作方式对土壤理化性质影响研究进展[J]. 耕作与栽培,2010(2):55-58.

[10]张锡渊,李廷轩,余海英,等. 水旱轮作条件下长期自然免耕对土壤理化性质的影响[J]. 水土保持学报,2006,20(6):145-147.

[11]何奇镜,边少锋,刘武仁. 现代化耕作改制研究文集[M]. 长春:吉林科学技术出版社,2009.

[12]张星杰,刘景辉,李立军,等. 保护性耕作模式方式下土壤养分、微生物及酶活性研究[J]. 土壤通报,2009,40(3):542-546.

[13]杨云马,贾树龙,孟春香. 免耕麦田土壤速效养分含量动态研究

[J]. 河北农业科学,2005,9(3):25-28.

[14]康红,朱保安,洪利辉,等. 免耕覆盖对旱地土壤肥力和小麦产量的影响[J]. 陕西农业科学,2001,1(9):1-3.

[15]张丽华,黄高宝,张仁陆. 旱作条件下免耕对土壤微生物量碳、氮、磷的影响[J]. 甘肃农业科技,2006(12):3-5.

[16]巩杰,黄高宝,陈利顶,等. 旱作麦田秸秆覆盖的生态综合效应研究[J]. 干旱地区农业研究,2003,21(3):69-73.

[17]李友军,吴金芝,黄明,等. 不同耕作方式对小麦旗叶光合特性和水分利用效率的影响[J]. 农业工程学报,2006,22(12):44-48.

量为 10.4 g/kg, 全氮含量为 0.59 g/kg, 速效磷含量为 8.0 mg/kg, 速效钾含量为 83.2 mg/kg。共设 4 个处理: N0 不施氮肥, N1 施纯氮 (N) 75 kg/hm<sup>2</sup>, N2 施纯氮 (N) 150 kg/hm<sup>2</sup>, N3 施纯氮 (N) 225 kg/hm<sup>2</sup>; 氮肥 40% 底施, 60% 拔节期追施。每个处理重复 3 次, 随机排列。6 月 25 日播种, 行距 0.6 m, 株距 0.2 m。小区面积 6 m×3 m, 适时间苗、中耕、除草、灌溉、防病、治虫, 10 月 21 日收获。

### 1.3 取样与分析测定

在收获期, 每个处理分别选取代表性植株 3 株, 带回实验室, 分茎秆、叶片 (包括叶鞘) 和穗装在纸袋里, 105 ℃ 杀青 0.5 h, 70 ℃ 烘干后称质量。样品经粉碎混匀后, 用硫酸-双氧水法消煮, 常规农化分析方法测定氮、磷、钾含量<sup>[8]</sup>。

### 1.4 数据处理

采用 Microsoft Excel 2003 软件进行数据处理与分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 氮素调控对甜高粱鲜质量和干物质累积的影响

由图 1 可见, 在完全不施肥的情况下, 品种 1 的鲜质量和干物质累积量较大, 其次是品种 2, 品种 3 较小, 说明品种之间存在鲜质量和干物质累积差异。3 个品种的植株鲜质量和干物质累积量均表现为施用氮素的处理较 N0 处理有所提高, 品种 1 鲜质量提高 12.38%~19.20%, 干物质累积量提高 15.39%~17.96%; 品种 2 鲜质量提高 6.65%~13.08%, 干物质累积量提高 17.05%~36.18%; 品种 3 鲜质量提高 43.95%~70.38%, 干物质累积量提高 23.12%~43.51%。说明氮素的施用, 提高了植株鲜质量和干物质累积量; 氮素对品种 3 的增产作用最大。品种 1 和品种 2 的鲜质量和干物质累积量随氮素用量的增加先上升后下降, 品种 3 的鲜质量和干物质累积量呈持续上升趋势。可见氮素对甜高粱具有增产作用, 不同的甜高粱品种对氮素的需求和响应是不同的。

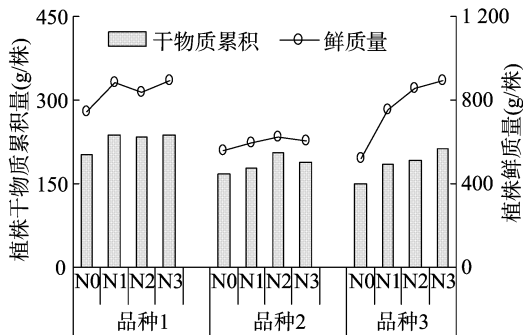


图1 甜高粱鲜质量和干物质累积

### 2.2 氮素调控对甜高粱养分吸收的影响

#### 2.2.1 对氮吸收的影响

由图 2 可以看出, 在完全不施肥的情况下, 品种 1 的氮吸收量较大, 品种 2、3 较小, 说明品种之间存在氮含量和吸收量存在个体差异。3 个品种的氮含量和吸收量均表现为施用氮素的处理较 N0 高, 说明氮素的施用提高了植株氮含量和吸收量。随着施氮量的增加, 品种 1 的氮含量和吸收量先上升后下降, 品种 2 和品种 3 的氮含量和吸收量呈持续上升趋势。可见氮素对不同甜高粱品种的氮含量和吸收量的影响是不同的。不同器官的氮吸收量大致表现为叶片>茎秆、穗。

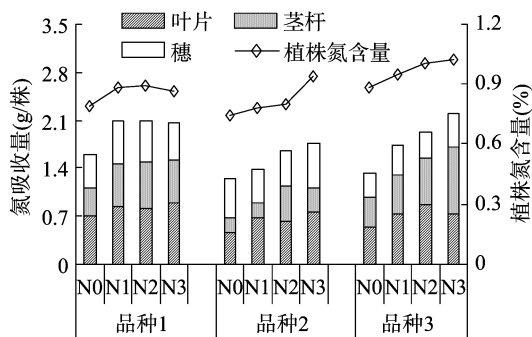


图2 不同处理甜高粱的氮含量与吸收量

#### 2.2.2 对磷吸收量的影响

由图 3 可以看出, 在完全不施肥的情况下, 品种 2 的磷含量和吸收量较高, 品种 3 较低, 说明品种之间磷含量和吸收量存在个体差异。3 个品种不同处理的磷含量和吸收量表现为处理 N0 较高; 随施氮量的增加, 3 个品种磷含量和吸收量出现了下降的趋势。施用氮肥后, 不同器官的磷吸收量为叶片>茎秆、穗。

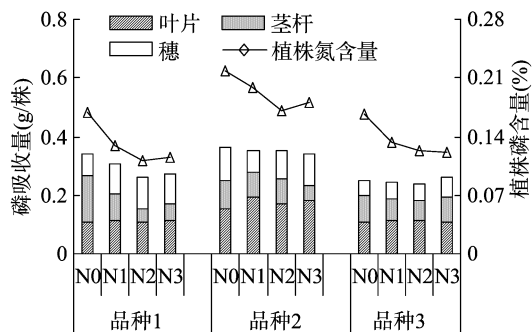


图3 不同处理甜高粱的磷含量与吸收量

#### 2.2.3 对钾吸收量的影响

由图 4 可以看出, 在完全不施肥的情况下, 品种 1 的钾吸收量较大, 品种 2、3 较小, 钾含量比较接近, 说明品种之间钾吸收量存在个体差异。3 个品种的钾吸收量均表现为施用钾素的处理较 N0 高, 说明氮素的施用, 提高了植株钾吸收量, 对钾含量的影响各不相同。随着施氮量的增加, 3 个品种甜高粱钾含量和吸收量出现较一致的变化趋势, 钾含量和吸收量随氮素用量的增加先上升后下降。不同器官的钾吸收量为茎秆>叶片>穗, 茎秆的钾吸收量约占植株钾吸收量的 60%~70%, 叶片占 20%~30%, 穗占 10%左右。说明植株吸收的钾主要贮存在茎秆中。

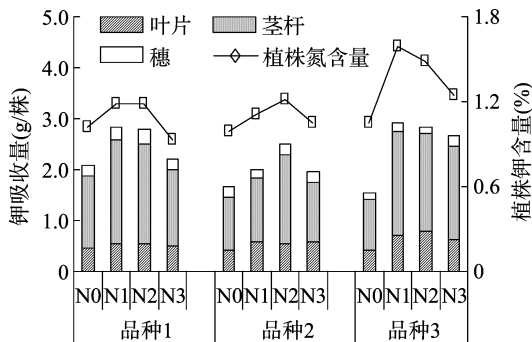


图4 不同处理甜高粱的钾含量与吸收量

### 2.3 氮素调控的效益分析

从表 1 可见, 随着氮素用量的增加, 氮肥利用率降低。品

种 1 和品种 2 的经济效益随着氮素的投入先上升后下降,品种 3 则成一直上升趋势,经济效益可能还有上升空间。不计其他成本,品种间进行比较,在相同的氮素投入下,品种 3 的施肥经济效益最高,可增加收入高达 3 930 元/hm<sup>2</sup>;品种 2 的经济效益较低,收入增加较少,N3 处理甚至出现了收入负增长;品种 1 的经济效益居中。品种 1 的 4 个处理中,N1 处理经济效益最高,氮肥利用率也最高;品种 2 的 4 个处理中,N2 处理经济效益最高,氮肥利用率较高;品种 3 的 4 个处理 N3

处理经济效益最高,氮肥利用率较低。说明在氮素投入相同时,肥料利用率和经济效益因品种而异。兼顾效益和产量的最佳施肥量,品种 1 以 N1 水平为宜,品种 2 以 N2 水平为宜,品种 3 还有待于进一步研究。品种 3 经济效益较好,增产潜力也较大,适宜在生产上推广;品种 2 施肥效益较差,施肥增加的收入较少,无氮素投入也可获得一定的经济效益,因此可以不施肥,适宜在氮素资源紧缺或经济水平较低地区应用。

表 1 氮素调控的效益分析

品种	处理	鲜质量 (kg/hm <sup>2</sup> )	收入 (元/hm <sup>2</sup> )	N 用量 (kg/hm <sup>2</sup> )	N 投入 (元/hm <sup>2</sup> )	增加收入 (元/hm <sup>2</sup> )	氮吸收量 (kg/hm <sup>2</sup> )	氮肥利用率 (%)
品种 1	N0	62 361	9 978	0	0		133.29	
	N1	73 417	11 747	75	337.5	1 431	175.00	55.61
	N2	70 083	11 213	150	675.0	560	174.21	27.28
	N3	74 333	11 893	225	1 012.5	903	172.40	17.38
品种 2	N0	46 181	7 389	0	0		103.17	
	N1	49 250	7 880	75	337.5	154	116.14	56.77
	N2	52 222	8 356	150	675.0	292	137.64	42.72
	N3	50 764	8 122	225	1 012.5	-279	152.42	35.05
品种 3	N0	43 611	6 978	0	0		110.52	
	N1	62 778	10 044	75	337.5	2 729	145.00	45.97
	N2	71 042	11 367	150	675.0	3 714	161.67	34.10
	N3	74 500	11920	225	1 012.5	3 930	183.33	32.36

注:甜高粱植株价格 0.16 元/kg(鲜质量),纯氮价格 4.5 元/kg。

3 讨论

3.1 氮素调控与甜高粱生物产量和干物质累积

限制甜高粱产量的肥料因子依次是氮肥、磷肥、钾肥<sup>[6]</sup>,氮肥对甜高粱生物量、产量和效益影响最大,施氮肥显著提高甜高粱叶、茎、穗及总干质量<sup>[9-14]</sup>。甜高粱产量对氮肥比较敏感<sup>[15]</sup>,氮磷钾肥单施,氮肥增产效果最好<sup>[16]</sup>。氮肥适量才能提高产量,过量反而会降低产量。甜高粱拔节到抽穗阶段地上部干物质积累量和生物产量呈极显著的正相关关系,甜高粱生物产量主要取决于拔节后特别是拔节至抽穗期干物质的积累量<sup>[5]</sup>。本试验将追肥时期安排在拔节期,为获得较高的生物产量奠定了基础。由于地域和种质资源的不同,不同品种甜高粱生物量存在很大差异<sup>[17]</sup>,本试验中的 3 个品种甜高粱之间鲜质量和干物质累积量的差异也说明了这一点。

3.2 氮素调控与甜高粱养分吸收

苏富源等的试验结果表明,随着施氮量的增加,甜高粱干物质积累量、氮磷钾养分含量和吸收量先上升再下降,与不施氮肥相比,干物质积累量、氮磷钾养分含量和吸收量均有所提高,不同部位养分吸收量的大小顺序,氮为叶片>茎秆>籽粒,磷和钾为茎秆>叶片>籽粒<sup>[16]</sup>。本试验中,施用氮素提高了甜高粱的植株鲜质量、干物质累积量、钾吸收量、氮含量和吸收量,钾含量的变化出现了一致的结果;氮、磷吸收量均为叶片>茎秆、穗;钾吸收量为茎秆>叶片>穗,说明甜高粱植株吸收的氮主要贮存在叶片中,钾主要贮存在茎秆中。

郭彦军等的试验结果显示,在底施氮磷钾肥,第 1 茬和第 2 茬施用氮肥的情况下,共刈割 3 茬,第 1 茬茎秆和第 3 茬叶片的磷含量出现了比不施肥降低的情况,钾含量则有升有

降<sup>[15]</sup>。本试验中,施用氮素后,植株磷含量和吸收量也出现了下降趋势,说明施用氮肥对不同地区、不同品种的养分含量和吸收的影响是有差异的,对氮、钾含量和吸收量的影响大致相同,对磷含量和吸收的影响差异较大。

3.2 氮素调控的效益

肥料利用率一直是我国学术界关注和研究的焦点。我国主要粮食作物水稻、小麦和玉米的氮肥利用率是较低的,且不同地区氮肥利用率差异很大,最低值为 0.3%,最高值为 88.9%;氮肥利用率<30%的占总样本的 60%以上,水稻和玉米的氮肥利用率大部分为 20%~30%,小麦为 10%~20%,水稻、小麦和玉米的平均利用率分别为 28.3%、28.2%、26.1%<sup>[18]</sup>。本试验甜高粱的氮肥利用率为 17.38%~56.77%,说明不同品种甜高粱对氮素的响应不同,在氮素利用方面存在极大差异。

氮肥利用率低的部分原因可能是施氮量过高、施用方法不合理造成的<sup>[19]</sup>。氮肥单独施用能显著增加甜高粱的经济效益<sup>[16]</sup>。生产氮肥要消耗大量的能源,而且肥料施用后,容易通过氨挥发和硝态氮淋失等途径损失,肥料利用率低、浪费严重,甚至会有负面的环境效应。生产中应根据不同的甜高粱品种进行肥效试验,确定适宜的用量进行合理氮素调控,以免盲目施肥造成肥料浪费或施肥不足,不能完全发挥作物的增产潜力,从而实现以适宜的投入获得较高的产出。兼顾效益和产量的最佳施肥量,品种 1 以 N1 水平为宜,品种 3 还有待于进一步研究,品种 2 以 N2 水平为宜,但是与不施氮肥相比,其增加的收入甚少,所以品种 2 可以不施肥。因此,在节约资源、保护环境、经济高效的前提下,不同品种甜高粱氮素调控的适宜范围还有待于进一步研究。

## 4 结论

甜高粱品种之间存在个体差异,对氮素的需求和响应不同。本研究得出以下结论:(1)氮素的施用提高了甜高粱的植株鲜质量和干物质累积量,对品种 3 的增产作用最大。(2)氮素的施用提高了甜高粱植株氮含量和吸收量,不同器官的氮吸收量大致表现为叶片>茎秆、穗,植株吸收的氮主要贮存在叶片中。(3)随着施氮量的增加,甜高粱植株磷含量和吸收量出现了下降的趋势,从总体上看,不同器官的磷吸收量为叶片>茎秆、穗。(4)氮素的施用提高了甜高粱植株钾吸收量,不同器官的钾吸收量为茎秆>叶片>穗,茎秆的钾吸收量占植株钾吸收量的 60%~70%,叶片占 20%~30%,穗占 10%左右。(5)随着氮素用量增加,氮肥利用率降低。在相同氮素投入下,品种 2 的施肥效益较低,适宜在氮素资源紧缺地区应用;品种 3 的经济效益最高,增产潜力也较大,适宜在生产上推广。兼顾效益和产量的最佳施肥量,品种 1 以 N1 水平为宜,品种 2 可以不施肥,品种 3 还有待于进一步研究。

## 参考文献:

- [1]金伟,郑子成,张锡洲,等. 川中丘陵区高粱植株对降雨再分配的影响[J]. 水土保持学报,2013,27(2):57-61,66.
- [2]卢庆善. 甜高粱[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2008:1-20.
- [3]郑桂萍,刘沐江,汪秀志,等. 不同种植方式及肥密因素下饲用甜高粱的产量表现[J]. 水土保持通报,2009,29(3):25-28.
- [4]Ceottoa E, Castelli F, Moschella A, et al. It is not worthwhile to fertilize sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) with cattle slurry: productivity and nitrogen-use efficiency[J]. Crops and Products, 2014, 62: 380-386.
- [5]王永慧,陈建平,张培通,等. 滨海滩涂盐碱地甜高粱生长和地上部干物质积累特性的研究[J]. 中国农学通报,2013,29(24):49-53.
- [6]王志春,王永慧,陈建平,等. 氮磷钾肥配施对盐碱地甜高粱产量及干物质积累的影响[J]. 江苏农业科学,2013,41(11):80-81.

(上接第 57 页)

- [8]郑世英,商学芳,王丽燕,等. 盐胁迫对不同基因型玉米生理特性和产量的影响[J]. 干旱地区农业研究,2010,28(2):109-112.
- [9]刘海波,魏玉清. 盐胁迫对甜高粱和春小麦种子萌发影响的比较研究[J]. 江苏农业科学,2016,44(5):142-144.
- [10]姜慧,黄健,张云鹤,等. 盐胁迫对甜高粱幼苗抗氧化酶活性的影响[J]. 沈阳师范大学学报(自然科学版),2012,30(2):289-292.
- [11]戴凌燕,张立军,阮燕晔,等. 盐碱胁迫下不同品种甜高粱幼苗生理特性变化及耐性评价[J]. 干旱地区农业研究,2012,30(2):77-83.

- [7]唐朝臣,罗峰,高建明,等. 盐碱土壤施肥对甜高粱生物产量、糖锤度及相关性状的影响[J]. 黑龙江农业科学,2014(7):46-50.
- [8]鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2002:265-271.
- [9]郑庆福,杨恒山,刘晶,等. N、P、K 肥配施对杂交甜高粱草产量及效益的影响[J]. 中国草地学报,2007,29(2):65-69.
- [10]Khaled M, Ranaz D S. Productivity, nutrient uptake and profitability of sweet sorghum-mustard cropping system under different levels of nitrogen[J]. American Journal of Agricultural Science and Technology, 2014, 2(2):62-73.
- [11]孙清,梁成华,袁振宏,等. 氮磷钾配施对甜高粱总糖和生物量的影响[J]. 太阳能学报,2008,29(2):252-255.
- [12]Uchino H, Watanabe T, Ramu K, et al. Dynamics of fertilizer nitrogen applied to sweet sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] in the semi-arid tropics[J]. Japan Agricultural Research Quarterly, 2015, 49(4):409-418.
- [13]王艳秋,邹剑秋,张志鹏,等. 密度及氮、磷、钾配比对甜高粱生物产量和茎秆含糖锤度的影响[J]. 中国农业大学学报,2012,17(6):103-110.
- [14]Almodares A, Taheri R, Hadi M R, et al. The effect of nitrogen and Potassium fertilizers on the growth parameters and the yield components of two sweet sorghum cultivars[J]. Pakistan Journal of Biological Science, 2006, 9(12):2350-2352.
- [15]郭彦军,尹亚丽,张健,等. 施肥对甜高粱产量及茎叶养分质量分数的影响[J]. 西南大学学报(自然科学版),2011,33(10):21-26.
- [16]苏富源,郝明德,张晓娟,等. 施肥对甜高粱产量、养分吸收及品质的影响[J]. 西北农业学报,2016,25(3):396-405.
- [17]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.
- [18]张福锁,王激清,张卫峰,等. 中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J]. 土壤学报,2008,45(5):915-924.
- [19]巨晓棠,刘学军,邹国元,等. 冬小麦/夏玉米轮作体系中氮素的损失途径分析[J]. 中国农业科学,2002,35(12):1493-1499.

- [12]孙璐,黄瑞冬. 高粱幼苗保护酶系统对盐胁迫的初期响应[J]. 沈阳农业大学学报,2014,45(2):134-137.
- [13]Wahid A, Perveen M, Gelani S, et al. Pretreatment of seed with H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> improves salt tolerance of wheat seedlings by alleviation of oxidative damage and expression of stress proteins[J]. Journal of Plant Physiology, 2007, 164(3):283-294.
- [14]Khalid N, Aqsa T, Iqra K H, et al. Induction of salt tolerance in two cultivars of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) by exogenous application of praline at seedling stage[J]. World Applied Sciences Journal, 2010, 10(1):93-99.
- [15]张丽辉,赵骥民,范亚红. 中性盐胁迫对高粱苗期光合特性的影响[J]. 江苏农业科学,2012,40(8):100-101.