

刘 冲,王茂文,刘兴华,等. 氮肥运筹对苏北沿海滩涂马齿苋生长及土壤养分的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(10):402-404.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.10.127

# 氮肥运筹对苏北沿海滩涂马齿苋生长及土壤养分的影响

刘 冲,王茂文,刘兴华,丁海荣,邢锦城,赵宝泉,朱小梅,董 静,洪立洲

(江苏沿海地区农业科学研究所,江苏盐城 224002)

**摘要:**为明确沿海滩涂上氮肥运筹对马齿苋生长及土壤养分的影响,通过田间小区试验研究了 4 个氮肥运筹水平对马齿苋产量形成、植株离子分布、光合荧光以及土壤养分的影响。结果表明:施氮能显著提高马齿苋的鲜菜产量,其中 N2(150 kg/hm<sup>2</sup>)处理与不施氮相比,鲜菜产量提高了 46.3%;施用氮肥,马齿苋根、茎、叶中的 Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup> 离子积累量提高,尤其是 N3 (225 kg/hm<sup>2</sup>)处理下,Na<sup>+</sup> 比对照增加 93.3%;施氮可以显著提高马齿苋光合荧光能力,净光合速率、细胞间隙 CO<sub>2</sub> 浓度以及 F<sub>0</sub>、F<sub>m</sub>、F<sub>v</sub>/F<sub>0</sub> 在 N2、N3 水平下显著增加;施氮能够增加土壤养分,土壤微生物氮、碳含量以及土壤全氮含量在 N2(150 kg/hm<sup>2</sup>)水平下分别比对照增加 74.5%、61.7%、44.4%。

**关键词:**沿海滩涂;马齿苋;氮肥;产量;叶绿素荧光;土壤养分

**中图分类号:** S580.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)10-0402-03

苏北地区海涂资源十分丰富,拥有占全国 1/4 以上的滩涂面积,是非常宝贵的后备土地资源<sup>[1]</sup>。滩涂土壤盐分高、养分低,是限制其农业发展的重要因素。氮素既是植物最重要的结构物质,又是生理代谢中最活跃、无处不在的重要物质<sup>[2]</sup>,是作物增产的主要措施。氮素不仅可以增强植株光合作用,还可以影响其叶绿素的荧光特性,在小麦、棉花等作物上均有氮素改善荧光动力学参数及适宜氮肥运筹技术方面的研究<sup>[3]</sup>。长期不同的农业管理措施在很大程度上解释了土壤性质的变化,尤其是不同氮肥措施对土壤碳氮矿化、交换性离子、微生物活性等土壤性质变化的解释<sup>[4]</sup>;在盐碱地上追施氮肥还具有降低土壤中的 Na<sup>+</sup> 浓度,降低盐害,促进对盐碱地的生物修复的独特功效<sup>[5]</sup>。马齿苋 (*Portulaca oleracea* L.), 隶属马齿苋科、马齿苋属,含丰富的蛋白质、多糖、有机酸、矿质元素等,具有丰富的营养价值,被誉为 21 世纪最有前途的、值得开发的绿色食品<sup>[6]</sup>。马齿苋对气候、土壤等环境条件适应性极强,几乎可以在任何土壤上生长<sup>[7]</sup>。本研究通过田间试验,探讨了沿海滩涂上不同氮肥运筹水平对马齿苋产量形成、植株离子吸收累积、光合荧光特性以及土壤养分的影响,以期对沿海滩涂马齿苋人工栽培中氮肥的营养措施及滨海盐碱地地力持续培育提供指导依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地点与供试土壤

试验地点位于江苏省大丰市金海农场滩涂实验基地,东

距黄海约 6 km,处于北亚热带季风气候区,具有明显的过渡性、海洋性和季风性,四季分明,年均降水量 1 058.4 mm,主要集中在 6—8 月。供试土壤为冲积盐土类。

### 1.2 试验设计及田间管理

氮肥(纯氮)处理设 4 个水平:CK (0 kg/hm<sup>2</sup>)、N1 (75 kg/hm<sup>2</sup>)、N2 (150 kg/hm<sup>2</sup>) 和 N3 (225 kg/hm<sup>2</sup>),计 4 个处理,每处理 3 次重复,采用完全随机区组设计。试验小区长 4 m,宽 3 m,面积为 12 m<sup>2</sup>,四边均设有保护行,以防侧渗和互溢。供试植物为马齿苋,品种提供为江苏沿海地区农科所培育的苏马齿苋 1 号上年采收种子。平整小区时使用尿素作为氮肥,氮肥 30%、磷肥(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 135 kg/hm<sup>2</sup> 作基肥。2013 年 4 月 12 日播种,采用条播方式,播种量 kg/hm<sup>2</sup>,行距 50 cm,播种深度 1 cm。根据生长期,剩余的氮肥均分 3 次以尿素形态分别在马齿苋的苗期、分枝期和花期作为追肥施入。

### 1.3 测定项目及方法

土壤基本理化测定采用鲍士旦方法<sup>[8]</sup>,田间鲜菜产量测定采用常规法。植株离子含量的测定:样品烘干粉碎研磨后,过 60 目筛,精确称量约 0.500 0 g,用 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>: H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> = 3 : 1 (mL : mL) 消煮,定容于 100 mL,经适量稀释,采用 ICP-AES (美国,LEEMAN 公司 Prodigy) 测定含量。光合作用参数:采用英国 PP\_System 公司 CIRAS\_1 型全自动便携式光合测定系统测定马齿苋叶片净光合速率(P<sub>n</sub>)、细胞间隙 CO<sub>2</sub> 浓度(C<sub>i</sub>)。叶绿素荧光参数:采用英国 Hansatech 公司生产的 FMS\_2 便携调制式荧光仪测定。

### 1.4 数据分析

试验数据采用 SPSS13.0 软件进行数据统计与分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 氮肥运筹对苏北沿海滩涂马齿苋鲜菜产量的影响

从图 1 可以看出,随着施氮量的增加,马齿苋鲜菜产量均比对照显著增加,增产幅度呈现先上升后下降的趋势。N1、

收稿日期:2014-10-24

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(12)1005];江苏省苏北科技发展规划(编号:BN2014056)。

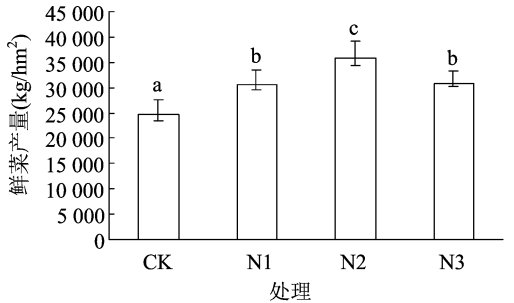
作者简介:刘 冲(1984—),男,江苏盐城人,硕士,助理研究员,主要从事耐盐植物栽培利用研究。E-mail:cellbio@163.com。

通信作者:洪立洲,研究员,主要从事土壤肥料与盐土农业工程研究。

Tel:(0515)88334141;E-mail:yichonglz@163.com。

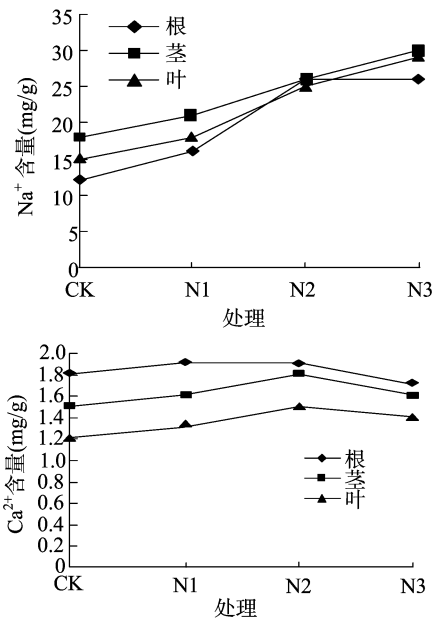
N2、N3 水平下鲜菜产量分别比对照增加 24.2%、46.3%、26.3%。说明在沿海滩涂上适当施用氮肥可明显促进马齿苋的生长,有利于提高其鲜菜产量。

同时,马齿苋的鲜菜产量与氮肥施用量之间存在一定的相关性,即鲜菜产量与氮肥施用量呈二阶多项式的方程关系, $y = -0.49x^2 + 141.53x + 24\ 107.5$  ( $y$  为鲜菜产量,  $x$  为氮肥施用量),说明马齿苋鲜菜产量与施氮量密切相关。



柱上不同小写字母表示处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )

图1 施用氮肥对马齿苋鲜菜产量的影响



## 2.2 氮肥运筹对苏北沿海滩涂马齿苋植株离子含量的影响

不同氮肥施用水平下,马齿苋根、茎、叶中的  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$  含量显著高于对照(图2),尤其是  $\text{Na}^+$ 。不同氮处理下叶片中的  $\text{Na}^+$  含量分别比对照增加 20%、66.6%、93.3%,  $\text{K}^+$  含量分别比对照增加 11.1%、17.7%、22.2%,差异达显著水平 ( $P < 0.05$ ),说明合理增施氮肥显著提高了马齿苋植株内  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$  含量,且  $\text{Na}^+$  的增长幅度大于  $\text{K}^+$ 。另外,叶片中的  $\text{Na}^+$  含量大于根,  $\text{Na}^+$  在马齿苋叶部的积累有利于增大植株地上部和地下部的渗透差,促进水分从根部向地上部分运输,有利于改善地上部分的水分状况,有利于促进植株生长。

随着施氮量的增加,马齿苋根、茎、叶中的  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  含量呈现先增加后下降的趋势,在 N2 水平达到较大值。以叶片为例, N1、N2、N3 水平下  $\text{Ca}^{2+}$  含量分别比对照增加 8.3%、25.0%、16.6%;  $\text{Mg}^{2+}$  含量分别比对照增加 7.3%、10.9%、9.0%,说明高量氮肥不能进一步提高马齿苋  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  含量。总体来看,增施氮肥可显著提高马齿苋植株离子含量 ( $P < 0.05$ ),其中 N2 水平较有利于各种离子在马齿苋根、茎、叶中的积累。

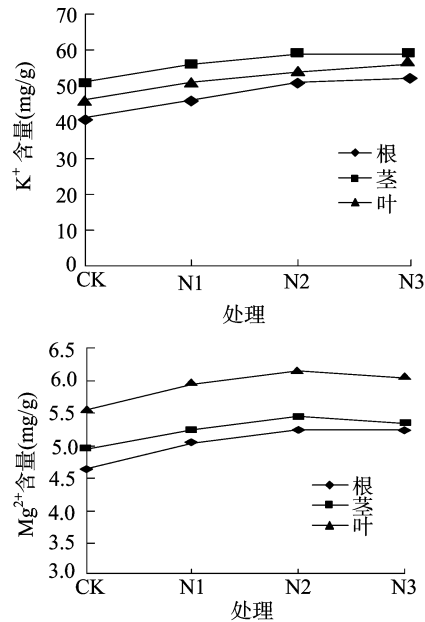


图2 施用氮肥对马齿苋离子含量的影响

## 2.3 氮肥运筹对苏北沿海滩涂马齿苋光合及荧光效应的影响

净光合速率、细胞间隙  $\text{CO}_2$  浓度能直接反映出植物单位叶面积的物质生产能力<sup>[9]</sup>。如表1所示,氮肥可显著提高马齿苋净光合速率、细胞间隙  $\text{CO}_2$  浓度, N3 水平下净光合速率、细胞间隙  $\text{CO}_2$  浓度分别比对照增加 22.0%、8.6%。

表1 施用氮肥对马齿苋光合荧光效应的影响

处理	净光合速率 $P_n$ [ $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ]	胞间 $\text{CO}_2$ 浓度 $C_i$ ( $\mu\text{L}/\text{L}$ )	$F_o$	$F_m$	$F_v/F_o$
CK	4.1a	580a	265a	1 385a	2.89a
N1	4.5ab	595a	275a	1 395ab	2.96ab
N2	4.9b	625b	300b	1 425b	3.95b
N3	5.0b	630b	315b	1 450c	4.32c

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )。

$F_o$  为 PS II 反应中心处于完全开放状态时的荧光产量,与光合作用光系统转换状态有关。 $F_m$  为最大荧光,是已经暗适应的光合机构全部 PS II 中心均关闭时的荧光强度。 $F_v/F_o$  常用于度量 PS II 的潜在活性,尽管  $F_v/F_o$  不是一个直接的效率指标,但其对效率的变化很敏感,所以  $F_v/F_o$  在一些情况下是表达资料的好形式<sup>[10]</sup>。从表2可以看出,随着氮肥水平的增加,马齿苋叶片的  $F_o$ 、 $F_m$  及  $F_v/F_o$  均呈现逐渐上升的趋势, N1 水平下,各参数与对照差异不显著, N2、N3 水平下与对照相比显著增加。以  $F_o$  为例, N1、N2、N3 水平分别比对照增加 3.8%、13.2%、18.9%。

## 2.4 氮肥运筹对苏北沿海滩涂土壤养分的影响

氮素在作物生长发育中具有重要作用。土壤微生物可通过吸取外界的氮素以及通过自身的矿化作用来增加自身氮素含量,从而改善土壤氮素营养。从表2可以看出,施氮处理

后,土壤微生物氮、碳含量在 N2、N3 水平下显著增加 ( $P < 0.05$ ),其中土壤微生物氮含量分别比对照增加 74.5%、79.4%。土壤全氮含量的变化趋势同土壤微生物氮、碳含量。说明土壤微生物也能够间接为作物生长提供其生长所必须的氮素营养。随着施氮量的增加,土壤呼吸呈现上升的趋势,但差异不显著。

表 2 施用氮肥对土壤养分的影响

处理	土壤全氮含量 (g/kg)	土壤微生物氮 (mg/kg)	土壤微生物碳 (mg/kg)	土壤呼吸 [mg/(g·h)]
CK	0.90a	20.4a	99.3a	0.66 ± 0.02a
N1	1.10b	25.5a	140.5b	0.68 ± 0.04a
N2	1.30c	35.6b	160.6c	0.75 ± 0.01ab
N3	1.34c	36.6b	165.3c	0.79 ± 0.02b

注同表 1。

3 讨论

沿海滩涂土壤资源利用的最主要限制因素是土壤高含盐量<sup>[11]</sup>。种植常规作物较难以完成其生活史。种植耐盐植物便成为经济有效的方式之一,不仅能够带来显著的经济效益,还能显著降低土壤 Na<sup>+</sup> 含量,增加土壤有机质、氮、磷、钾含量和微生物数量<sup>[12]</sup>,改善沿海滩涂生态环境,实现经济与环境效益的双丰收。张立宾等发现种植碱蓬不仅能够降低盐碱地土壤含盐量,还显著增加土壤有机质含量,提高土壤氮磷钾含量<sup>[13]</sup>。

氮是植物生长发育的必需营养元素之一。沿海滩涂土壤中的有效氮较低,难以满足植物生长发育的需求。增施氮肥不仅可明显改善植物体内的氮素养分状况,还能提高耐盐植物的耐盐与渗透调节能力,促进生长发育和产量积累。王界平等发现追施氮肥可促进盐角草生长,提高其对土壤盐分的累积,还可达到改良盐碱土的目的<sup>[14]</sup>。

本试验系统研究了沿海滩涂上不同氮肥水平对马齿苋鲜菜产量形成、植株离子分布、植株光和荧光效应以及对土壤养分的影响。结果发现,沿海滩涂上追施氮肥不仅能提高马齿苋鲜菜产量,还可以显著提高马齿苋植株全盐含量,尤其是 Na<sup>+</sup>。其中 N2(150 kg/hm<sup>2</sup>) 水平最利于各种离子在马齿苋根、茎、叶中的积累(图 2)。这样就避免了盐碱地土壤溶液中因过高的 Na<sup>+</sup> 浓度而导致 K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup> 运输受到阻碍,植物体内离子不平衡,细胞正常生理功能遭到破坏的情况。叶片的光合作用是产量形成的物质基础,因此产量与最大净光合速率之间呈极显著正相关;氮是作物叶绿素的组成成分,除了叶绿素总量外,其荧光参数也与叶片的光合效率有关,而叶绿素的荧光参数在一定程度上受氮肥水平等环境条件的影响<sup>[15]</sup>。本研究中,施用氮肥可显著提高马齿苋光合及荧光能力,高氮水平下(N2、N3)差异显著,这与其鲜菜产量的增加密不可分。

通过对土壤养分的进一步分析,发现施用氮肥可以显著提高土壤微生物氮、碳以及全氮含量,这与梁飞等的结果<sup>[5]</sup>一致。滩涂环境中,盐分、水分和肥料之间存在着协同、顺序加和及表现拮抗等作用<sup>[16]</sup>,其交互耦合现象是非常普遍及复

杂的,不仅因植物种类、植物生长阶段的不同而不同,而且对于不同的盐分与养分形式,其影响也不尽相同。对于马齿苋而言,氮肥不但能促进其产量的增加,还能起到耦合土壤盐分与养分的作用,从而促进盐渍土的生物修复效果。

综上所述,在沿海滩涂上施用氮肥对马齿苋的生长、植株离子分布、光合荧光能力以及对土壤养分累积产生了一系列的影响,包括:随着施氮量的增加,马齿苋鲜菜产量增加;植株根、茎、叶的离子含量的积累量提高(尤其是 Na<sup>+</sup>),光合荧光能力增强,土壤养分增加,且以上效果以 N2(150 kg/hm<sup>2</sup>) 水平最佳。

沿海滩涂土壤含有丰富的离子,作用机理比较复杂。为了能增加耐盐植物产量,提高其品质,还必须进一步研究如何在滩涂上科学的施加肥料以及及与盐分的耦合作用机制研究,这将在以后的工作中进行。

参考文献:

[1] 姚荣江,杨劲松,陈小兵,等. 苏北海涂围垦区土壤质量模糊综合评价[J]. 中国农业科学,2009,42(6):2019-2027.

[2] 洪立洲,王茂文,丁海荣,等. 苏北沿海滩涂海滨锦葵盐肥耦合效应研究[J]. 江苏农业科学,2012,40(4):350-352.

[3] 郑顺林,杨世民,李世林,等. 氮肥水平对马铃薯光合及叶绿素荧光特性的影响[J]. 西南大学学报:自然科学版,2013,35(1):1-9.

[4] 陈林,张佳宝,赵炳梓,等. 施氮和灌溉管理下作物产量和土壤生化性质[J]. 中国生态农业学报,2014,22(5):501-508.

[5] 梁飞,田长彦,田明明,等. 追施氮肥对盐地碱蓬生长及其改良盐渍土效果研究[J]. 草业学报,2013,22(3):234-240.

[6] 王光全,孟庆杰. 药食兼用佳蔬马齿苋栽培技术[J]. 北方园艺,2006(6):79.

[7] 赵红,邓洪平,雷胜勇. 南北种源马齿苋种子在相同预处理条件下的萌发差异[J]. 北方园艺,2010(2):24-27.

[8] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京:中国农业出版社,2000:25-69.

[9] 隆小华,刘兆普,蒋云芳,等. 海水处理对不同产地菊芋幼苗光合作用及叶绿素荧光特性的影响[J]. 植物生态学报,2006,30(5):827-834.

[10] 李晓,冯伟,曾晓春. 叶绿素荧光分析技术及应用进展[J]. 西北植物学报,2006,26(10):2186-2196.

[11] 刘广明,杨劲松,姜艳. 江苏典型滩涂区地下水及土壤的盐分特征研究[J]. 土壤,2005,37(2):163-168.

[12] Zhu K F. Desalinization of saline soils by *Suaeda salsa*[J]. Plant and Soil,1991,135(2):303-305.

[13] 张立宾,徐化凌,赵庚星. 碱蓬的耐盐能力及其对滨海盐渍土的改良效果[J]. 土壤,2007,39(2):310-313.

[14] 王界平,田长彦. 不同氮磷水平下盐角草生长及盐分累积特征分析[J]. 草业学报,2011,20(2):234-243.

[15] 周忆堂,马红群,梁丽娇,等. 不同光照条件下长春花的光合作用和叶绿素荧光动力学特征[J]. 中国农业科学,2008,41(11):3589-3595.

[16] 王茂文,洪立洲,刘冲,等. 海水灌溉下北美海蓬子盐肥耦合效应的研究[J]. 江苏农业学报,2011,27(1):80-84.