

氮肥对盐角草生长及矿质灰分累积的影响

王界平^{1,2,3}, 田长彦^{1,3}

(1. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 新疆 乌鲁木齐 830011; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049;
3. 中国科学院绿洲生态与荒漠重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要: 在新疆南疆重盐化土壤上采用田间试验方法及完全随机区组设计, 研究了不同氮肥施用水平(0、75、150和225 kg/hm²)对盐角草生长以及矿质灰分吸收累积的影响。结果表明, 施用氮肥能显著提高盐角草的地上部各部分生物量、根系干重、种子产量及总灰分累积量, 其中施用225 kg/hm²氮肥时, 盐角草每年可从土壤中带走8 435.1 kg/hm²矿质灰分, 为不施氮肥的4.28倍, 而且地上部生物量、根系干重、种子产量也分别比未施氮肥处理高4.02、4.72和2.84倍, 施肥效果均达显著水平; 施用氮肥可显著提高盐角草同化枝和种子中的氮含量, 但对茎秆氮含量无显著影响, 对盐角草磷含量的影响因器官不同而有所差异; 施用氮肥可以在一定程度上提高盐角草茎秆、同化枝以及全株的矿质灰分含量, 对增强盐角草的耐盐能力有益。总体来看, 氮肥的合理施用对于促进盐角草的生长, 吸盐能力的提高效果显著, 加强氮素养分管理在应用盐角草改良盐碱地过程中有着重要的作用。

关键词: 盐角草; 氮肥; 养分含量; 矿质灰分; 盐碱地改良

中图分类号: S143.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)01-0102-06

盐角草(*Salicornia europaea* L.)属藜科盐角草属一年生草本肉质化真盐生植物, 分布于盐湖、滨海盐碱地、盐化沼泽和重盐渍土地段, 是迄今为止报道过的最耐盐的陆生高等植物类群^[1]。耐盐极限达到5% NaCl浓度^[2], 内茎的可溶性盐分含量达37%(干重百分比)。大量研究表明, 种植盐角草可明显降低土壤含盐量, 是盐碱地改良的优势草种^[3-6]。但长期以来受粮食、经济二元种植结构的影响, 盐角草目前主要以自然野生为主, 产量极低。在低产情况下, 尽管盐角草植株中盐分累积浓度很高, 但盐分总吸收累积量却很小, 这在很大程度上限制了其在盐碱地改良中的应用。因此, 对盐角草进行驯化栽培, 实现高产, 并维持或提高其盐分累积浓度是快速改良盐碱地的重要途径之一。

氮肥是农业生产中作物最重要的产量限制因子, 氮肥的缺乏可能是盐碱地区盐生植物生长的主要限制因子之一^[7,8]。研究表明, 施氮可显著提高植物渗透调节能力与耐盐能力, 这与氮素营养促进了脯氨酸、可溶性糖、NO₃⁻和Na⁺等渗透调节物质的积累有关^[9-12]。同时, 氮作为蛋白质、核酸、叶绿素和酶等化合物的重要组成成分, 对植物的生命活动、生长发育和产量有极其重要的作用^[13]。近年来有关外源氮对盐生植物影响的报道不少, 但主要集中在单一盐分(主要是NaCl)胁迫下, 氮素营养对盐

生植物生理特性(主要是渗透调节物质和抗盐性)的影响^[9,11,12], 而关于在自然条件复合盐分作用下, 增施氮肥对盐生植物生长和灰分累积的影响及程度大小目前尚不清楚。

矿物质灰分的主要成分是盐分, 其累积浓度是衡量盐生植物耐盐能力的重要指标, 累积量高低直接决定着盐生植物改良盐碱地的速度与该植物在盐碱地改良中应用的深度与广度。因此, 理论上和生产上迫切需要明确在大田复合盐分作用下, 不同氮肥施用量对盐角草生长和灰分吸收累积的影响。为此, 本研究通过田间试验探讨了不同氮肥施用量对盐角草生长及灰分吸收累积的影响, 以为盐碱地的生物改良提供科学依据, 同时为今后盐角草人工栽培中氮肥优化管理提供科学管理经验。

1 材料与方法

1.1 试验地自然概况

试验于2009年4~10月在国家水利部巴州水管处重点灌溉试验站进行。该试验站位于新疆自治区库尔勒市西尼尔镇。地处沙漠边缘干旱荒漠区, 属暖温带大陆性干旱气候, 降水量少而蒸发量大, 土地沙漠化、盐渍化十分严重^[14]。试验区土壤属典型盐化土, 其主要理化特性是: 有机质6.29 g/kg, 全氮0.49 g/kg, 全磷0.62 g/kg, 全钾12.20 g/kg, 碱解氮

收稿日期: 2010-03-27

基金项目: 新疆自治区科学技术攻关项目(200633131); 新疆自治区“十一五”重大专项(200733144-1)

作者简介: 王界平(1982—), 男, 陕西榆林人, 在读硕士, 主要从事植物营养与生态恢复研究。E-mail: wsjxp@126.com。

通讯作者: 田长彦(1961—), 男, 陕西山阳人, 研究员, 博士生导师, 主要从事土壤与植物营养研究。E-mail: tianchy@ms.xjb.ac.cn。

72.51 mg/kg, 速效磷 13.62 mg/kg, 速效钾 240.92 mg/kg, 电导率 5.08 mS/cm, pH 7.92。

1.2 试验设计及田间管理

氮肥(纯氮)处理设4个水平: N0(0 kg/hm²)、N1(75 kg/hm²)、N2(150 kg/hm²)、N3(225 kg/hm²)。完全随机区组设计, 4次重复。小区面积: 3 m × 5 m = 15 m², 试验地总面积 240 m²。为消除水肥侧向运动的影响, 小区之间设宽 80 cm 地垄。试验材料为盐角草, 种子于 2008 年 11 月采集于中国科学院阜康荒漠生态试验站。2009 年 5 月 8 日试验小区布置好以后, 按行距 20 cm 播种, 播种深度 1 cm。播种后为了保证出苗率, 对各小区进行等量灌溉, 灌水量为每小区 0.8 m³。2009 年 6 月 5 日和 2009 年 6 月 20 日进行人工定苗, 定苗后株距为 20 cm(种植密度为 25 × 10⁴ 株/hm²)。全生育期灌水总量 4 266 m³/hm²(不包括生育期降水量), 以水表定量分 10 次灌入, 灌溉用水为孔雀河河水。氮肥以尿素的形式分苗期、分枝期和花期按 3:4:3 质量比例 3 次随水施入。

1.3 测定项目及方法

于收获期(2009 年 10 月 31 日)在每小区随机采集面积为 0.5 m × 0.5 m 地上部样品(分为种子、同化枝和茎秆三部分), 于 105℃ 杀青 30 min, 80℃ 烘干测定干重。根系样品采集深度为 0.6 m, 采样面积与地上部分相同, 具体操作时将土壤连同根系整体取出, 仔细检出根系冲洗干净, 烘干测定干重。全氮、全磷的测定采用浓硫酸-双氧水消煮, 采用凯氏

定氮法测定氮含量, 钒钼黄比色法测定磷含量^[15]。种子、同化枝和茎秆灰分含量测定采用国标 GB/T6438—2007^[16]。土壤基本理化性状用常规方法测定^[17]。

1.4 数据处理

方差分析用 SPSS 16.0 进行统计分析, 多重比较用 Least Significant Difference(LSD)法。数据用“平均值 ± 标准误”表示。

2 结果与分析

2.1 不同氮水平对盐角草生物量累积的影响

从表 1 可以看出, 氮肥用量在 225 kg/hm² 范围内, 地上生物量、根系干重、同化枝干重和茎秆干重均随着氮肥用量的增加而显著提高。其中, 与 N0 处理相比, N1、N2 和 N3 处理的地上部生物量分别增加了 7 708.4、16 007.0 和 21 944.5 kg/hm², 增长率分别为 106%、221% 和 302%, 差异均达到显著水平($P < 0.05$), 且 3 个不同施氮量处理间的差异也达显著水平($P < 0.05$)。根系干重变化趋势与此相似, 而同化枝干重与 N0 处理相比, 在低氮(N1)水平下虽明显高于 N0 处理, 但差异并不显著($P > 0.05$)。与 N0 处理相比, N1、N2 和 N3 处理的茎秆干重均显著增加($P < 0.05$), 但 N2 与 N3 处理之间差异不显著($P > 0.05$)。以上结果表明, 在重盐化土壤上合理增施氮肥可明显促进盐角草的生长。

表 1 不同施氮水平对盐角草生物量及产量的影响

Table 1 Effect of different nitrogen levels on *Salicornia europaea*'s biomass and seed yield

氮水平 N level	地上部生物量 Aerial biomass (kg/hm ²)	根系干重 Root dry weight (kg/hm ²)	同化枝干重 Shoot dry weight (kg/hm ²)	茎秆干重 Stem dry weight (kg/hm ²)	种子产量 Seed yield (kg/hm ²)
N0	7256.9 ± 1299.7d	240.5 ± 27.2d	2680.1 ± 600.8c	2534.7 ± 406.4c	2042.2 ± 395.9c
N1	14965.3 ± 4088.9c	530.6 ± 38.3c	7145.8 ± 2940.1bc	4479.2 ± 475.7b	3340.3 ± 914.1b
N2	23263.9 ± 2293.8b	930.8 ± 59.8b	8703.5 ± 1228.3ab	9479.2 ± 614.3a	5081.3 ± 455.0a
N3	29201.4 ± 1348.2a	1136.3 ± 84.3a	12925.3 ± 1202.6a	10486.1 ± 617.2a	5789.9 ± 567.4a
方差分析(F值) Analysis of variance(F values)					
N level	35.4**	28.5**	8.7**	55.5**	24.2**

注: 同一列中标相同小写字母者表示不同氮肥处理之间差异不显著($P > 0.05$), 标不同小写字母者表示不同氮肥处理之间差异显著($P < 0.05$)。

Note: Within each column, the same small letters denote that the mean values for nitrogen treatment are not significantly different ($P > 0.05$), while different small letters denote that the mean values for nitrogen treatment are significantly different ($P < 0.05$).

2.2 不同氮水平对盐角草种子产量的影响

不同施氮量对盐角草种子产量的影响(表 1)看出, 施用氮肥显著提高了种子产量。增产范围在 1 298.1 ~ 3 747.7 kg/hm² 之间, 除 N3 处理与 N2 处理之间差异不显著外($P > 0.05$), 其它处理间差异

均达显著水平($P < 0.05$)。说明在本试验条件下施用 150 kg/hm² 氮肥已基本可以满足盐角草种子生长代谢对氮素的需要, 此后若继续增施氮肥, 种子产量不再显著增加。

2.3 不同氮水平对盐角草地上部氮磷含量的影响

随着氮水平增加,盐角草同化枝和种子氮含量呈缓慢增加趋势(图 1A)。例如,与 N0 相比,N1、N2 及 N3 处理的种子氮含量分别增加了 5.43、4.06 和 8.09 g/kg,其中 N3 处理种子氮含量显著高于 N0 处理($P < 0.05$),同化枝氮含量变化趋势与此相似。不同的是,增施氮肥对茎秆氮含量无显著影响,这可能与盐角草生殖生长阶段大量氮素从茎秆转运至种子,优先满足种子生长代谢有关。以上结果表明,合理增施氮肥能在一定程度上提高盐角草氮素含量,

有利于植株氮素营养的改善。氮肥施用对盐角草磷含量的影响因器官不同而有所差异,其中种子中磷含量随着施氮水平的增加呈先增加而后逐渐降低趋势,且 N1 处理种子磷含量显著高于 N3 处理;茎秆磷含量随着施氮水平的增加也呈缓慢降低趋势,但不同氮肥处理间差异均未达显著水平;与 N0 相比,N1 与 N3 处理的同化枝磷含量较高,而 N2 处理的同化枝磷含量则较低,但不同氮肥处理间同化枝的磷含量差异均不显著(图 1B)。

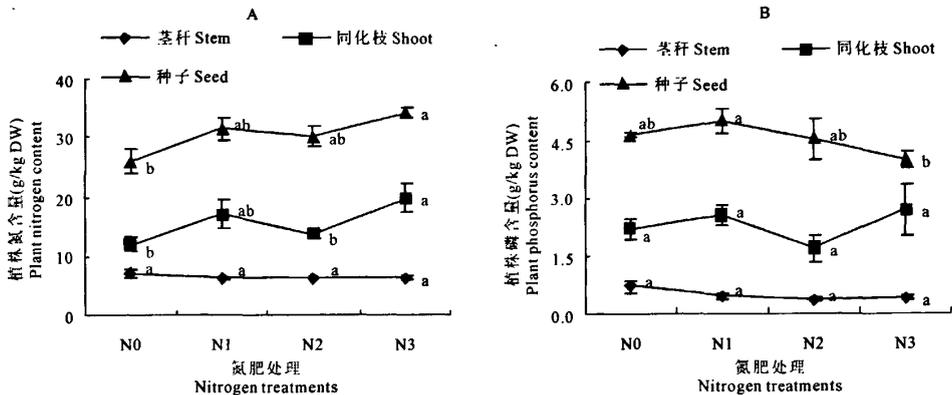


图 1 不同氮水平对盐角草地上部氮磷含量的影响

Fig. 1 Effect of different nitrogen levels on nitrogen content in *Salicornia europaea's* aerial part

注:标相同字母者表示差异不显著($P > 0.05$),标不同字母者表示差异显著($P < 0.05$),下图同

Note: Values with the same letters within the same part are not significantly different ($P > 0.05$), different letters are significantly different ($P < 0.05$).

They are the same in the following figure.

2.4 不同氮水平对盐角草灰分含量以及累积量的影响

图 2A 显示,盐角草地上部不同器官灰分含量对增加氮肥施用量的响应趋势不同。与 N0 相比,各氮肥处理的茎秆、同化枝和全株灰分含量有所提高,而种子灰分含量则呈下降趋势。其中,N1、N2 和 N3 处理的茎秆灰分含量比 N0 处理提高了 1.2%、3.7% 和 3.3%;同化枝灰分含量比 N0 处理提高了 4.2%、3.6% 和 3.9%;全株灰分含量比 N0 处理提高了 1.5%、1.1% 和 2.4%;而种子灰分含量则由 N0 处理的 30.0% 降低到 N1、N2 及 N3 处理的 28.1%、25.7% 和 26.1%。不同施肥处理间相比,发现茎秆和种子中灰分含量在 N2 水平后不再发生明显变化,同化枝灰分含量则在 N1 水平后就无明显增加趋势,而全株含量在 N3 水平时才达到最高值。盐角草在实现高干物质累积量的同时维持植株体内灰分含量不降低甚至有所升高,说明在盐碱地上增施

氮肥能在一定程度上提高盐角草的耐盐能力与渗透调节能力,有利于促进盐角草对矿质灰分的吸收。

不同氮水平对盐角草灰分累积量的影响(图 2B)看出,施氮显著提高了盐角草地上部的灰分累积总量。灰分累积总量由 N0 处理的 1 970.9 kg/hm² 提高到 N1、N2 及 N3 处理的 3 518.6、6 398.5 和 8 435.1 kg/hm²,分别增加了 1 547.6、4 427.6 和 6 464.1 kg/hm²,增长率为 78%~328%,差异均达显著水平($P < 0.05$),且不同施氮处理间的差异也均达到显著水平($P < 0.05$)。随氮肥用量的增加,同化枝中灰分累积量变化趋势与灰分累积总量相似。盐角草茎秆和种子的灰分累积量随氮肥用量的增加也呈明显的增加趋势。其中,与 N0 处理相比,N2、N3 处理的茎秆和种子中的灰分累积量均显著增高($P < 0.05$),而 N1 处理与 N0 处理差异不显著($P > 0.05$)。以上结果说明,在盐碱地上增施氮肥能显著提高盐角草地上部各部分及灰分累积总量。

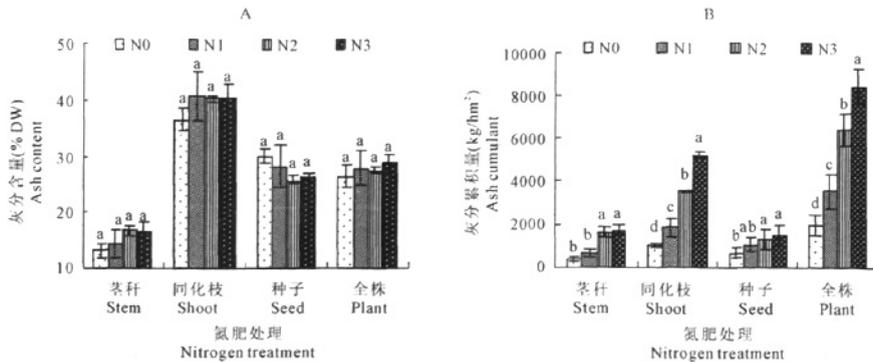


图 2 不同氮水平对盐角草地上部矿质灰分含量和累积量的影响

Fig. 2 Effect of different nitrogen levels on mineral ash content and cumulant in *Salicornia europaea*'s aerial part

3 讨论与结论

3.1 较高的氮素需求特性及其生态学意义

氮是植物体内许多重要化合物的组分,对植物生命活动以及作物产量的形成和品质的提高均有极其重要的作用^[18,19]。盐渍化土壤中的有效氮一般较低,常常难以满足植物生长发育对氮素的需求,研究表明,对生长在盐渍土上的植物(无论是盐生植物还是非盐生植物)增施氮肥不仅可明显改善植株体内的氮素养分状况,而且还能明显提高植物的耐盐能力与渗透调节能力,缓解盐分胁迫对作物的危害,从而促进其生长发育和产量的形成^[9,11,12]。但也有报道显示过量施氮会加深土壤的盐渍化程度,抑制植物的生长。例如,Magdalena 在盐碱地上研究发现,施氮 140 kg/hm² 和 200 kg/hm² 对胡椒干物质累积有明显抑制作用^[20]。宁建凤等在 NaCl 单一盐分胁迫下研究了外源施氮对库拉索芦荟生理特性的影响,也发现在 18.75 mmol/L 的高氮处理下,芦荟的植株干重显著下降^[9]。但在本试验条件下,施氮量在 225 kg/hm² 范围内,盐角草地上生物量随着氮肥用量的增加而显著提高,呈极显著的线性相关关系 ($R^2 = 0.884$, $F = 98.695$)。高氮处理不仅未对盐角草生长产生抑制作用反而显现出明显的促进作用,说明盐角草生长需要较高的氮肥供应量,其原因可能与盐角草具有较高的氮肥利用率有关,也有可能是盐角草的高氮吸收利用有利于其在养分贫瘠的生境中生存和竞争,是其长期生长在盐渍环境中对营养胁迫适应的重要机制之一。此外,本试验中盐角草对氮肥的良好反应也可能与供试条件下良好的水分供应有关(全生育期灌水总量 4 266 m³/hm²)。目前关于水分供应及水肥耦合对盐角草需肥特性与矿质盐分吸收累积影响的报道尚少。因此,有关盐角

草水分需求规律以及水肥互作机理仍需进一步研究。但本试验中水分供应量明显低于重盐渍化地区其他农作物,据任威^[21]等报道,新疆中度以上的盐渍化地的开发与利用方式主要是以“灌水洗盐”为主,仅洗盐耗水量就达 6 000 ~ 10 000 m³/hm²,作物灌水量也在 3 000 ~ 7 000 m³/hm² 之间^[22-24],总灌水量是本试验水分供应量的 2 ~ 4 倍。因此,盐角草的种植不仅可有效降低土壤含盐量,而且还可以在在一定程度上减缓人口增长和土地资源、淡水资源短缺的矛盾,同时还可绿化盐碱滩涂荒地,改善当地自然环境。

盐角草又称欧洲海蓬子,一般生长于盐沼地、盐湖旁及海滩等水分条件较好的生境中,可以用海水直接灌溉,对环境的改良效果较好,例如,大气 CO₂ 吸收,土壤中重金属元素的清除,农业及城市污水处理等^[25]。Brown 研究了碱蓬、海蓬子和滨藜三种耐盐植物对罗非鱼养殖废水的再利用可行性,发现它们对废水中氮磷的利用率均在 90% 以上^[26]。因此,盐角草较高的氮需求特性,可能会在未来富营养化水体的修复中发挥更大的生态与经济效益。

3.2 施用氮肥对盐角草氮磷含量的影响

植物组织中的养分含量能反映植物的营养状况,并与养分的供应量有直接的关系^[27]。有研究认为,在盐分胁迫下,增施氮肥能提高耐盐植物和盐生植物植株中的氮素养分含量,有利于改善植株的养分平衡,减轻盐分胁迫产生的危害^[28-31]。而一些对盐分敏感的植物,在盐分胁迫下增施氮肥对其植株体内氮素含量无明显影响,甚至某些耐盐性较弱的植物在高盐胁迫下增施氮肥反而会加重其盐害程度,导致养分含量和干物质累积量明显下降^[9,20]。但也有研究认为,盐分与养分的交互作用对植物养分吸收利用的影响具有其复杂性,不仅因植物种类、

生长阶段、器官、盐分形式及胁迫程度不同而不同,而且对于不同的养分形态及供应量,其影响也不同^[12]。例如,Tabatabaei^[32]等研究了盐分胁迫下施用氮肥对橄榄树 3 个栽培变种氮素养分状况的影响,结果发现,在同一盐分水平下,增施氮肥对 Mission 这个变种的全氮含量无明显影响,但 Manzanillo 和 Zard 这两个栽培变种的全氮含量随氮水平的提高有增高趋势。而增施氮肥显著提高了 3 个栽培变种中的硝态氮含量。在本试验条件下,与不施氮处理相比,增施氮肥显著提高了盐角草种子和同化枝中的氮含量,而对茎秆中氮含量无显著影响。这可能是因为盐角草进入生殖生长后,种子成为养分累积的库,氮会从茎秆和同化枝等营养器官中输出,被重新分配到种子中,优先满足种子生长的需求。以上结果说明,在本试验复合盐分条件下,盐分对盐角草氮素的吸收并无抑制作用,增施氮肥明显改善了盐角草的氮素养分状况,说明在内陆重盐碱地上,可以通过增施氮肥促进盐角草的生长,对盐碱地区的生态恢复和经济建设有重要意义。

本研究还发现,在盐碱地上增加氮肥用量盐角草地上各部分的磷含量无明显变化,这可能是因为土壤中的磷肥主要被化学物质和土壤胶体所吸附、固定,难以被盐角草吸收利用。也可能与盐角草对磷素需求量相对较小,土壤中的磷就能满足盐角草生长发育的需要有关。

3.3 灰分吸收累积特性探讨

同化枝是盐角草渗透调节的中心,发挥渗透调节功能的盐囊泡主要分布在同化枝中。研究表明,增施氮肥可明显提高盐生植物脯氨酸、丙二醛、可溶性糖、 Na^+ 和 NO_3^- 等渗透调节物质的含量^[10,32]。本研究也发现,盐角草茎秆和同化枝中的灰分含量随氮肥施用量的增加呈增加趋势,但种子中的灰分含量却有所下降。这可能是因为氮肥施用量的增加提高了盐囊泡中无机渗透调节物质的含量,从而提高了同化枝的灰分含量。同时,盐囊泡中渗透调节物质的增加有利于其渗透调节功能的充分发挥,减少盐分向其它器官的分配量,因此,种子中的灰分含量随氮肥施用量的增加而下降。此外,种子灰分含量的下降也可能是盐角草保证其种子品质,适应盐分胁迫的重要机制,盐角草在种子萌发期抗盐能力较低,在很大程度上决定着其自然分布与生长状况^[33,34],程军等研究表明,施氮可明显提高新疆高羊茅种子的标准发芽率^[35]。

矿质灰分累积量受其含量和生物量影响。各施氮水平对提高盐角草地上部矿质灰分累积总量影响

显著,主要原因是由于明显提高了盐角草地上部生物量和矿质灰分含量。本研究发现,在 N3 水平下,盐角草每季可从土壤中带走 $8\,435.1\text{ kg/hm}^2$ 矿质灰分,是不施氮肥处理的 4.28 倍。如果土壤初始含盐量是 2.0%,土壤容重是 1.4 g/cm^3 ,那么在 N3 水平下种植盐角草 4 年可使土壤耕作层(0~20 cm)土壤含盐量降低到适宜抗盐棉花和抗盐小麦的耕种水平(含盐量 $\leq 1.0\%$),而在 N0 水平下则需 15 a,表明在盐碱地上增施氮肥可明显加快盐化土壤的改良速度,这对提高我国土地资源利用效率,缓解人口增长和资源短缺矛盾具有重要意义。无疑也是遏制土地盐渍化、促进生态良性循环的重要途径。

此外,矿质灰分累积量的提高与氮肥的施用促进了根系的生长,扩大了根系的吸收面积,从而提高了根系吸收矿质元素的能力有关。本研究发现,不同氮肥处理下根系的平均干重与平均矿质灰分累积总量呈显著的线性相关关系($R^2 = 0.984$, $F = 125.070$)。而关于如何利用各种有效调控措施,建立盐角草根系的理想构型,保证盐角草适量氮磷素吸收量,实现盐角草高盐分吸收累积,仍需进一步研究。

参考文献:

- [1] Ungar I A. Salinity, temperature, and growth regulator effects on seed germination of *Salicornia europaea* L. [J]. Aquatic Botany, 1977, 3: 329—335.
- [2] Ungar I A, Benner D K, Mcgraw D C. The distribution and growth of *Salicornia europaea* L. on an inland saltpan [J]. Ecology, 1979, 60: 329—336.
- [3] 张科,张道远,田长彦,等. 自然生境下盐角草的生物学特征及其影响因子[J]. 干旱区地理, 2007, 30(6): 52—58.
- [4] 洪立洲, 丁海荣, 杨智清, 等. 盐生植物海蓬子的研究进展及前景展望[J]. 江西农业学报, 2008, 20(7): 46—48.
- [5] Terrence E R, Ungar I A. Growth and ion accumulation in *Salicornia europaea* L. under saline field conditions [J]. Oecologia, 1982, 54: 193—199.
- [6] Todd P E, Ungar I A. Competition between *Salicornia europaea* L. and *Atriplex prostrata* (Chenopodiaceae) along an experimental salinity gradient [J]. Wetlands Ecology and Management, 2001, 9: 457—461.
- [7] Loveland D G, Ungar I A. The effect of nitrogen fertilization on the production of halophytes in an inland salt marsh [J]. Am Midi Nat, 1983, 109(2): 346—354.
- [8] Rake D R, Ungar I A. Effects of salinity, nitrogen and population density on the survival, growth, and reproduction of *Atriplex triangularis* (chenopodiaceae) [J]. American Journal of Botany, 1989, 76(8): 1125—1135.
- [9] 宁建凤, 郑青松, 刘兆普, 等. 外源 N 对 NaCl 胁迫下库拉索芦荟生理特性的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(4): 728—833.

- [10] 原俊风,田长彦,冯固,等.硝态氮对盐胁迫下囊果碱蓬幼苗根系生长和耐盐性的影响[J].植物营养与肥料学报,2009,15(4):953—959.
- [11] Naidoo G, Naidoo Y. Effects of salinity and nitrogen on growth, ion relations and proline accumulation in *Triglochin bulbosa*[J]. *Wetlands Ecology and Management*, 2001,9(6):491—497.
- [12] 段德玉,刘小京,李存植,等.N营养对NaCl胁迫下盐地碱蓬幼苗生长及渗透调节物质变化的影响[J].草业学报,2005,14(1):63—68.
- [13] 陆景陵.植物营养学(上册)[M].北京:中国农业大学出版社,2005.
- [14] 董飞翔,周寅康,朱继业,等.新疆尉犁县西尼尔区生态环境建设初步研究[J].农村生态环境,2003,19(2):6—10.
- [15] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [16] 程建华,熊升伟,姜涛,等.灼烧恒质对饲料粗灰分测定的影响研究[J].粮食储藏,2009,38(1):43—47.
- [17] 中国科学院南京土壤研究所.土壤理化分析[M].上海:上海科学技术出版社,1981.
- [18] 胡霭堂,周立祥.植物营养学(下册)[J].北京:中国农业大学出版社,2005.
- [19] 王术,王伯伦,黄元财,等.旱作条件下氮肥处理对春小麦产量及生理特性的影响[J].干旱地区农业研究,2006,24(5):46—49.
- [20] Villa C M. Response of chile pepper plants to nitrogen fertilization and soil salinity[M]. New Mexico: New Mexico State University Las Cruces, 2003.
- [21] 任威,罗廷彬,王宝军,等.新疆生物改良盐碱地效益研究[J].干旱地区农业研究,2004,22(4):211—214.
- [22] 杨涛,马兴旺,钟新才,等.新疆内陆干旱区不同灌水量对长绒棉光合特性的影响[J].植物生理科学,2007,23(8):198—202.
- [23] 谢志良,田长彦,卞卫国.膜下滴灌水氮对棉花根系构型的影响[J].棉花学报,2009,21(6):508—514.
- [24] 程冬玲,林性粹,蔡焕杰.膜下滴灌技术对新疆绿洲农业可持续发展的效应[J].干旱地区农业研究,2005,23(2):59—62.
- [25] 吴雅静.盐生植物海蓬子的利用价值与开发前景[J].安徽农业科学,2007,35(24):7459—7460.
- [26] Brown J J. Reuse of highly saline aquaculture effluent to irrigate a potential forage halophyte, *Suaeda esteroa*[J]. *Aquacultural Engineering*, 1999,(20):91—111.
- [27] Chapin F S, Bloom A J, Field C B, et al. Plant-response to multiple environmental-factors[J]. *Bioscience*, 1987,37(1):49—57.
- [28] Skeffington M J S, Jeffrey D W. Response of *Armeria maritima* (Mill.) Willd. and *Plantago maritima* L. from an Irish salt marsh to nitrogen and salinity[J]. *N Phytol*, 1998,110(3):339—408.
- [29] 蓬焕成,杨劲松,谢晓红,等.氯化钠胁迫下施氮对冬小麦生长发育及体内氯、钠离子积累的影响[J].植物营养与肥料学报,2005,11(5):654—658.
- [30] 张新春,庄炳昌,李自超.植物耐药性研究进展[J].玉米科学,2002,10(1):50—56.
- [31] Bernstein L, Francois L E, Clark R A. Interactive effects of salinity and fertility on yields of grains and vegetables[J]. *Agron J*, 1974,66:412—421.
- [32] Tabatabaei S J. Effects of salinity and N on the growth, photosynthesis and N status of olive(*Olea europaea* L.) trees[J]. *Scientia Horticulturae*, 2006,108(4):432—438.
- [33] Terrence E R, Ungar, I A. Growth and ion accumulation in *Salicornia europaea* under saline field conditions[J]. *Oecologia*, 1982,54(2):193—199.
- [34] McGraw D C, Ungar, I A. Growth and survival of the halophyte *Salicornia europaea* L. under saline field conditions[J]. *Ohio Journal of Science*, 1981,81(3):109—113.
- [35] 程军,马春晖,韩建国,等.施氮肥对新疆高羊茅种子质量的影响[J].干旱地区农业研究,2003,21(2):59—61,67.

(英文摘要下转第114页)

The effects of different fertilization structure on yields of sunflower in saline alkali soil

CHEN Ping¹, HE Wen-shou²

(1. Agricultural Technology Extension and Service Center of Ningxia Agricultural Reclamation, Yingchuan, Ningxia 750011, China;

2. School of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China)

Abstract: Experiments were conducted to study the effects different fertilization rate on the yields of sunflower growing in saline and alkali soil and to establish a functional equation of fertilizer efficiency. The results show that for the alkali soil: if nitrogen reached 10.56 kg/667m², the production reached the maximum 183.2 kg/667m²; and if the phosphorus reached 5.71 kg/667m², the production reached the maximum 156.9 kg/667m²; and for the saline soil: if nitrogen reached 10.51 kg/667m², the production reached the maximum 222.6 kg/667m²; and if the phosphorus reached 5.78 kg/667m², the production reached the maximum 195.8 kg/667m². Therefore: for the maximum production, the fertilization ratio among nitrogen, phosphate, and potash is 10.51:5.78:3, while the best economic yield's fertilization ratio among nitrogen, phosphate, and potash is 7.47:4.49:3.

Keywords: saline and alkali soil; sunflower; fertilizer efficiency; growth traits

(上接第 107 页)

Effects of N fertilization on growth, mineral ash absorption and accumulation of *Salicornia europaea* L.

WANG Jie-ping^{1,2,3}, TIAN Chang-yan^{1,3}

(1. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi, Xinjiang 830011, China;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Key Laboratory of Oasis Ecology and Desert Environment, Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi, Xinjiang 830011, China)

Abstract: Research was carried out in the hope of restoring the saline land rapidly and effectively through improving halophytes' biomass and performance by applying nitrogen fertilizer in saline areas. Effects of various levels of nitrogen fertilization (0, 75, 150 and 225 kg/hm²) on growth, mineral ash absorption and accumulation of *Salicornia europaea* L. were studied through complete randomized block design under the saline field condition in Xinjiang. The results indicated that the aerial biomass, the root dry weight, the seed yield and the mineral ash cumulant increased significantly with increasing N levels. Among different nitrogen treatments, the highest ash cumulant absorbed by *Salicornia europaea* L. was N3(225 kg/hm²), with 8 435.06 kg/hm² being the figure recorded, which was 4.28 times of CK. Meanwhile, N3(225 kg/hm²) also claimed the highest aerial biomass, root dry weight and seed yield which were 4.02, 4.72 and 2.84 times of CK, respectively. Furthermore, compared with CK, applying nitrogen can improve nitrogen concentration in shoot and seed of *Salicornia europaea* significantly when nitrogen level was up to 225 kg/hm², however, no significant difference in nitrogen concentration in stem and phosphorus concentration in all the three plant organs listed above were noted among different nitrogen levels. The effect of nitrogen on phosphorus concentration in *Salicornia europaea* is varying which mainly depends on the specific part. Although mineral ash concentration in assimilation shoot and stem were increased to some extent by nitrogen application, yet the difference was not significant. The results suggest that under the saline land condition, nitrogen can significantly promote *Salicornia europaea*'s growth and mineral ash absorption and, as a result, strengthening nitrogen management is very important in the process of saline land restoration by planting *Salicornia europaea*.

Keywords: *Salicornia europaea* L.; nitrogen fertilizer; nutrition concentration; mineral ash concentration; improvement of saline soil