

王小山,朱平华,鲍国成,等. 盐碱胁迫对紫花苜蓿根、茎和叶重要养分离子平衡的影响[J]. 江苏农业科学,2013,41(7):190-195.

盐碱胁迫对紫花苜蓿根、茎和叶重要养分离子平衡的影响

王小山^{1,2}, 朱平华², 鲍国成², 顾洪如¹

(1. 江苏省农业科学院畜牧研究所, 江苏南京 210014; 2. 扬州大学动物科学与技术学院, 江苏扬州 225009)

摘要:为了研究中性和碱性盐胁迫对紫花苜蓿植株根、茎、叶重要养分离子分配的影响,以高耐盐紫花苜蓿品种中苜 1 号为试材,进行水培试验。试验设计 NaCl 和 Na₂SO₄ (中性盐)、NaHCO₃ 和 Na₂CO₃ (碱性盐) 各按物质的量的比 9:1 配制成混合盐溶液。3 个盐处理 Na⁺ 浓度分别为 50、100、150 mmol/L,每个处理重复 3 次。盐处理 15 d 后,进行紫花苜蓿根、茎、叶的 Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、Al³⁺、Fe³⁺、Mn²⁺、Cu²⁺、Zn²⁺ 等离子含量的测定。结果表明,碱性盐处理的紫花苜蓿根、茎 Na⁺ 含量显著高于中性盐处理。中性盐处理的紫花苜蓿幼苗叶和根中 K⁺ 含量高于碱性盐处理,碱性盐处理的 Na⁺/K⁺ 值高于中性盐处理。碱性盐胁迫降低了根向茎叶中运输 Ca²⁺ 的能力。碱性盐胁迫的 Na⁺/Mg²⁺ 比值高于中性盐胁迫,碱性盐胁迫抑制根对 Al³⁺ 的吸收,但对其向茎和叶中运输则影响不大。碱性盐处理的茎 Fe³⁺ 含量要显著高于中性盐处理,中性盐处理随着 Na⁺ 浓度的升高 Fe³⁺ 含量降低,而碱性盐胁迫下,随着 Na⁺ 浓度的升高,Fe³⁺ 元素含量显著升高。中性盐抑制根对 Mn²⁺ 的吸收,而在低和中等盐浓度胁迫下,碱性盐对根吸收 Mn²⁺ 有显著的促进作用。碱性盐胁迫对叶片 Cu²⁺ 的积累有促进作用,也促进紫花苜蓿根对 Cu²⁺ 的吸收,而中性盐处理对紫花苜蓿根对 Cu²⁺ 的吸收有抑制作用。本研究结果表明,混合碱性盐胁迫弱化了紫花苜蓿对 Na⁺ 吸收与运输的控制,增强了 Na⁺ 的毒害,中性、碱性混合盐胁迫条件下,重要养分离子在苜蓿植株根、茎、叶中的含量存在差异。进一步说明紫花苜蓿对中性盐胁迫的适应机制不同,这可能与溶液高 pH 值和高浓度的碳酸根存在有关。

关键词:紫花苜蓿;盐碱胁迫;养分离子;中性盐;碱性盐

中图分类号:S541⁺.101 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2013)07-0190-05

盐碱胁迫是主要的非生物胁迫之一,据联合国教科文组织不完全统计,目前世界盐碱地面积大约有 9.5 亿 hm²。我国是一个土地退化较为严重的国家,而且我国从滨海到内陆,从低地到高原都分布着不同类型的盐碱土壤,约有盐碱土面积 0.37 亿 hm²,其中盐渍化耕地面积为 800 万 hm²^[1]。江苏省沿海约有滨海盐土 70 万 hm²,可开垦的约 8.4 万 hm²,是不可多得的土地后备资源。

被称为“牧草之王”的紫花苜蓿是甜土植物,其耐盐性优于一粮般的粮食作物,在中性或轻度盐碱土壤上生长良好。在盐碱地上种植紫花苜蓿后土壤的脱盐率较高,降低了土壤中的盐分含量、pH 值,土壤交换性钠和碱化度明显降低,有机质含量明显增加,土壤的通透性显著改善^[2]。盐碱地种植紫花苜蓿不仅可以收获大量的蛋白饲料,还可以作为绿肥改良土壤,有利于农业生态环境的良性发展,可以获得较高的生态、社会和环境效益。

收稿日期:2012-11-12

基金项目:国家科技支撑计划(编号:2011BAD17B03);江苏省农业生物学重点实验室开放课题(编号:026044910610);江苏高校优势学科建设工程资助项目;扬州大学创新培育基金(编号:2011CXJ061)。

作者简介:王小山(1974—),河北承德人,博士,讲师,主要从事牧草种质资源与育种研究。E-mail:wanggrass@tom.com。

通信作者:顾洪如,研究员,主要从事牧草栽培与育种研究。Tel:(025)84391223。

1 材料与方法

1.1 供试材料

选用紫花苜蓿高耐盐品种中苜 1 号。

1.2 紫花苜蓿植株培养

用 6% 的 NaClO 消毒紫花苜蓿种子 5 min,然后在光照培养箱中发芽,昼/夜温度控制为 25℃/20℃,光/暗时间是 8 h-16 h,培养基质是细沙。在种子萌发后第 3 天,取紫花苜蓿幼苗,用海绵条包裹好,固定在泡沫板的孔内,每个孔固定幼苗 3 株。然后将固定有幼苗的泡沫板转移到装有完全营养液的塑料盆(13 cm×28 cm×35 cm)中培养(为了避免光照时营养液的温度升高和营养液表面生长绿藻,试验用铝箔纸将塑料盆紧密包裹)。每个塑料盆内装有 7.5 L Hoagland 营养液,相对湿度是 45%,每天采用 450 μmol/(m²·s)的生物钠灯光照 13 h,光照/黑暗时的温度是 30℃/25℃。

1.3 盐与盐碱胁迫处理

NaCl 和 Na₂SO₄ (中性盐)、NaHCO₃ 和 Na₂CO₃ (碱性盐) 各按物质的量的比 9:1 制成混合溶液。植株在完全营养液中培养 15 d,对其进行 3 种处理:盐处理、盐碱处理、空白组对照。盐处理 Na⁺ 分为 3 个浓度,分别为 50、100、150 mmol/L,每个处理重复 3 次。空白组则不添加任何盐类。盐和盐碱处理都是每 12 h 添加 1 次,使营养液中 Na⁺ 浓度增加 50 mmol/L,最终形成 Na⁺ 浓度分别为 50、100、150 mmol/L。每 7 d 更换 1 次培养液,每天向培养液补充由于挥发损失的水分。植物生

长期间,用气泵不断向培养液中通气。

盐和盐碱处理 15 d 后,每个处理取 12 个单株,每 3 个单株为 1 组,分成根、茎和叶 3 部分。分离后的根、茎和叶用于其他参数的测定。将分离后的根、茎和叶在 60 ℃ 的烘箱中持续烘干 48 h 后称量,测定干物质。将根、茎和叶的组织样品粉碎后称取 0.1 g,在马弗炉中 550 ℃ 灰化 8 h,灰化后的灰分用浓硝酸溶解,然后用去离子水定容到 25 mL,用等离子发射光谱仪 (ICP, PE3300DV, Perkin Elmer, Germany) 测定 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 等含量。

1.4 统计分析

试验数据采用 SPSS 10.0 进行单因素方差分析 (LSD)。

2 结果与分析

2.1 中性和碱性盐胁迫对紫花苜蓿植株 Na^+ 含量的影响

如图 1 所示,叶中 Na^+ 含量随中性、碱性盐胁迫浓度的升高而上升,在中等和高盐浓度下,两者对紫花苜蓿叶中 Na^+ 积累量的影响存在显著差异。 Na^+ 浓度为 100 mmol/L 和 150 mmol/L 时,中性盐 $NaCl-Na_2SO_4$ 胁迫下的苜蓿叶中 Na^+ 积累量明显低于碱性盐 $NaHCO_3-Na_2CO_3$ 胁迫下的, Na^+ 积

累量分别为 38% 和 36%。茎中 Na^+ 的累积量随盐胁迫浓度的升高而增加,在中等和高盐浓度胁迫下,碱性盐处理后茎中 Na^+ 的累积量与中性盐胁迫下茎中 Na^+ 的累积量存在显著差异,中性盐胁迫条件下 Na^+ 积累量分别是碱性盐胁迫条件下的 41% 和 32%;但中性和碱性盐处理后根中 Na^+ 积累量的差异不显著。

2.2 中性和碱性盐胁迫对紫花苜蓿植株中 K^+ 含量的影响

如图 2 所示,在盐胁迫下,叶中 K^+ 的含量较无盐条件下低,且随盐胁迫浓度的升高而降低。中性盐胁迫下,叶的 K^+ 含量高于碱性盐胁迫下叶的 K^+ 含量。中等盐浓度胁迫下,茎中 K^+ 的含量高于无盐胁迫对照。碱性盐胁迫与中性盐胁迫结果相反,在中等盐浓度胁迫下茎中 K^+ 的含量低于无盐胁迫对照,中性盐和碱性盐胁迫对茎中 K^+ 的积累存在显著差异,碱性盐胁迫下 K^+ 的积累量是中性盐胁迫下的 56%;在 2 种盐胁迫下,根中 K^+ 含量均随盐浓度的升高而降低,但在中等和高盐浓度胁迫下,碱性盐胁迫比中性盐胁迫对根中 K^+ 的积累量抑制作用强,且差异显著。碱性盐胁迫下 K^+ 含量是中性盐胁迫下的 37% (中等盐浓度胁迫) 和 26% (高盐浓度胁迫)。

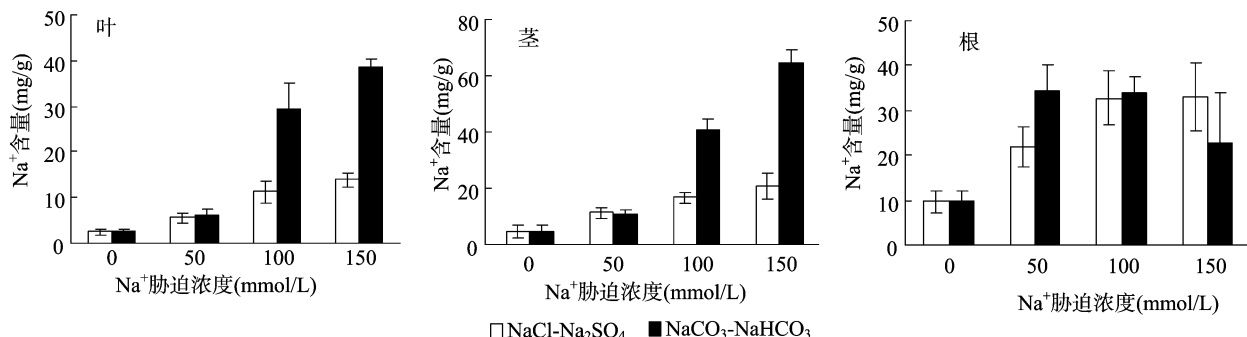


图1 中性和碱性盐胁迫下紫花苜蓿植株根、茎、叶中 Na^+ 含量变化

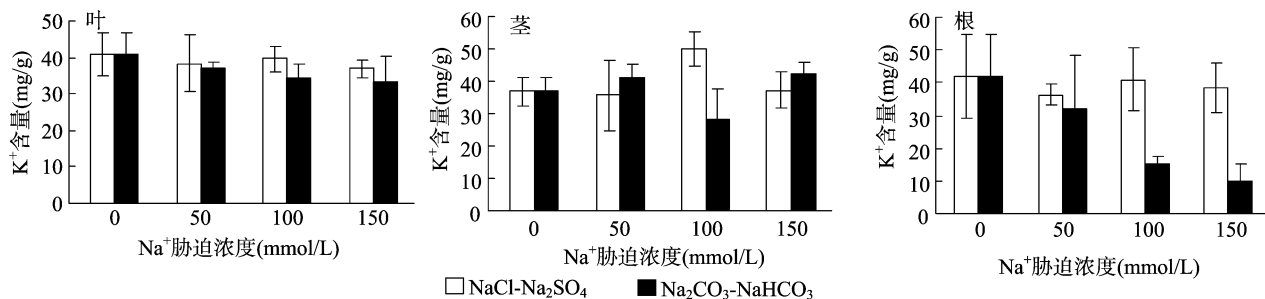


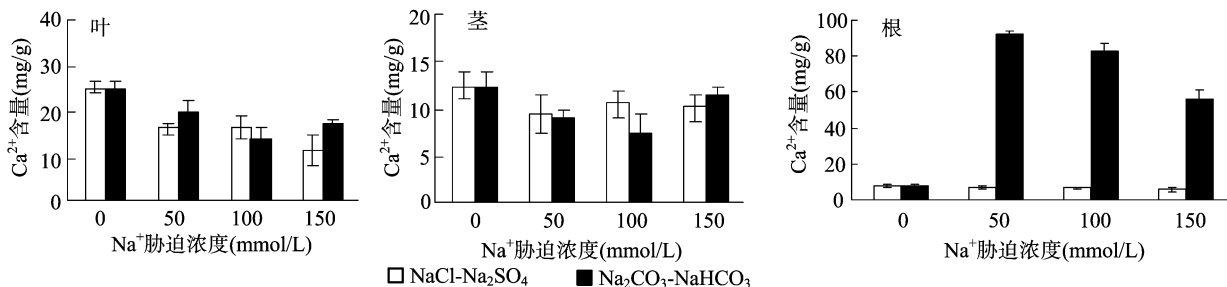
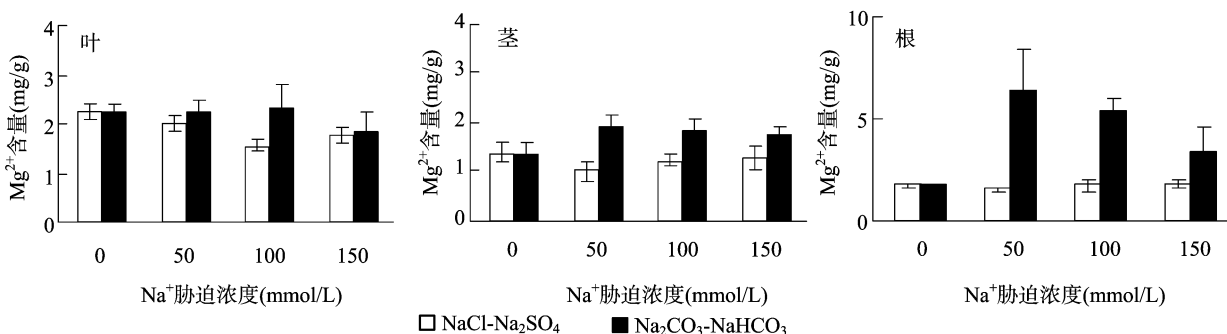
图2 中性和碱性盐胁迫下紫花苜蓿植株根、茎、叶中 K^+ 含量变化

2.3 中性和碱性盐胁迫对紫花苜蓿植株中 Ca^{2+} 含量的影响

如图 3 所示,叶中 Ca^{2+} 含量在中性和碱性盐胁迫下均显著低于对照。在高等和低浓度盐胁迫条件下,碱性盐处理的叶片 Ca^{2+} 含量显著高于中性盐处理。茎中 Ca^{2+} 含量在中性盐和碱性盐胁迫下均低于对照,说明盐胁迫和碱胁迫都抑制茎中 Ca^{2+} 的积累;但在中性和碱性盐处理之间差异不显著。根中 Ca^{2+} 含量随盐浓度的上升而降低。碱性盐胁迫下,根中 Ca^{2+} 含量显著高于对照和中性盐处理,说明中性盐对根中 Ca^{2+} 的积累有抑制作用,而碱性盐则对其有促进作用。在低、中等和高浓度盐浓度下,中性盐胁迫下根中 Ca^{2+} 的积累量分别是碱性盐胁迫的 7%、8% 和 10%。

2.4 中性和碱性盐胁迫对紫花苜蓿植株中 Mg^{2+} 含量的影响

如图 4 所示,在中性盐胁迫下,叶中 Mg^{2+} 的累积受到明显抑制,在中等盐浓度胁迫下抑制作用最强。碱性盐胁迫对叶片中 Mg^{2+} 的累积有促进作用。中等盐浓度下,盐胁迫和盐碱胁迫对叶中 Mg^{2+} 累积作用的影响存在显著差异。在中性盐胁迫下,茎中 Mg^{2+} 的累积受到明显抑制。碱性盐胁迫反而促进茎中 Mg^{2+} 的累积,但随着盐浓度的上升, Mg^{2+} 含量逐渐降低。碱性盐处理的茎中的 Mg^{2+} 含量显著高于中性盐处理。中性盐胁迫根中 Mg^{2+} 的累积量没有显著变化。在碱性盐胁迫下根中 Mg^{2+} 的累积量增加,说明碱性盐胁迫促进根中 Mg^{2+}

图3 中性和碱性盐胁迫下紫花苜蓿植株根、茎、叶中 Ca^{2+} 含量变化图4 中性和碱性盐胁迫下紫花苜蓿植株根、茎、叶中 Mg^{2+} 含量变化

的累积,但随着盐浓度的增大,根中 Mg^{2+} 的累积量减少,说明高浓度的碱性盐也抑制根中 Mg^{2+} 的累积。在低和中等盐浓度胁迫下,碱性盐胁迫对根中 Mg^{2+} 的累积影响与中性盐对其的影响存在的差异显著提高。

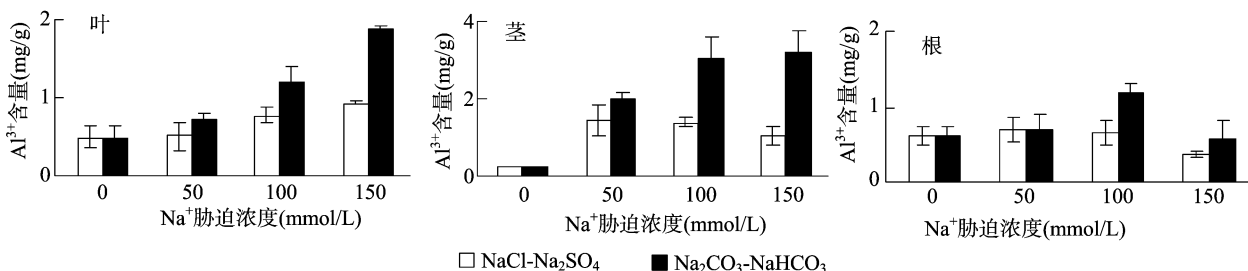
2.5 中性和碱性盐胁迫对紫花苜蓿植株中 Al^{3+} 含量的影响

如图5所示,2种盐胁迫对叶中 Al^{3+} 的累积均有促进作用;但在高盐浓度胁迫下,中性盐胁迫对叶中 Al^{3+} 的累积作用显著低于碱性盐胁迫,中性盐胁迫下 Al^{3+} 含量是碱性盐胁迫下的49%。2种盐胁迫对茎中 Al^{3+} 的累积有促进作用,但随着盐浓度的升高,中性盐的促进作用减弱,而碱性盐的促进作用增强。在中等和高盐浓度下,中性盐与碱性盐胁迫对茎中 Al^{3+} 累积作用的影响存在显著差异,中性盐胁迫条件下 Al^{3+} 含量分别是碱性盐胁迫下的46%和32%。在2种盐胁迫下,低和中等盐浓度对根中 Al^{3+} 的累积有促进作用,高盐

浓度对其有抑制作用。碱性盐与中性盐胁迫对根中 Al^{3+} 的累积作用相似,但在低盐浓度下存在显著差异,中性盐胁迫下根中 Al^{3+} 的累积量是碱性盐胁迫下的56%。

2.8 中性和碱性盐胁迫对紫花苜蓿植株中 Cu^{2+} 含量的影响

如图6所示,2类盐胁迫对叶片 Cu^{2+} 的积累有促进作用,且随盐浓度的升高 Cu^{2+} 的积累量增加。3种盐浓度下,中性盐处理的叶片 Cu^{2+} 含量高于碱性盐处理,但差异不显著。2类盐胁迫对紫花苜蓿茎 Cu^{2+} 的积累没有显著影响。在高盐浓度胁迫条件下,中性盐处理苜蓿茎的 Cu^{2+} 含量低于碱性盐处理的茎 Cu^{2+} 含量,且差异显著。碱性盐进紫花苜蓿根对 Cu^{2+} 的吸收,而中性盐处理对苜蓿根对 Cu^{2+} 的吸收有抑制作用。3种盐浓度条件下,碱性盐处理的 Cu^{2+} 含量显著高于中性盐处理的 Cu^{2+} 含量。

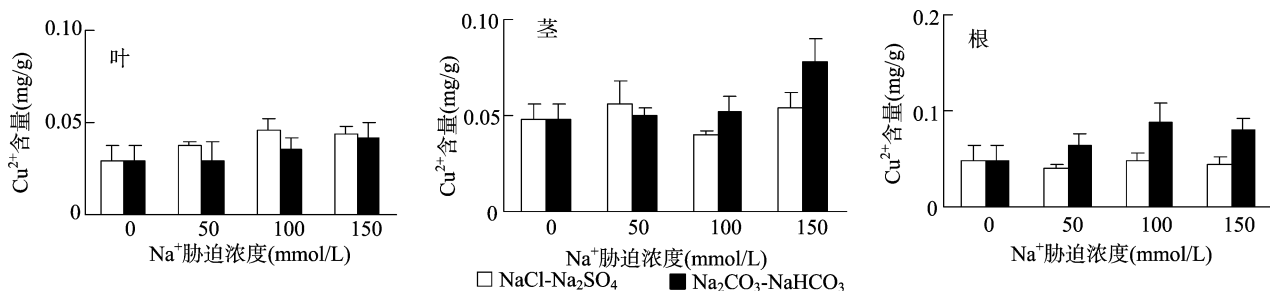
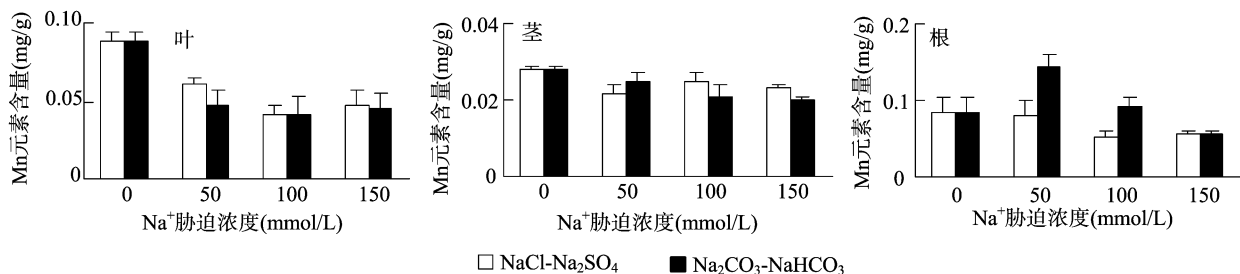
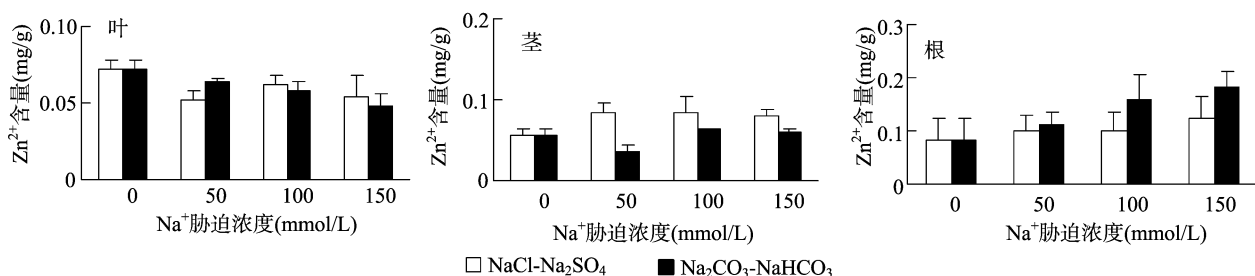
图5 中性和碱性盐胁迫下紫花苜蓿植株根、茎、叶中 Al^{3+} 含量变化

2.9 中性和碱性盐胁迫对紫花苜蓿植株中 Mn^{2+} 含量的影响

如图7所示,2类盐胁迫条件下,苜蓿茎、叶的 Mn^{2+} 积累均被抑制,叶片被抑制更显著;中等和高盐浓度胁迫条件下,碱性盐的抑制作用强于中性盐。中性盐抑制根对 Mn^{2+} 的吸收,随盐浓度的升高抑制作用增强。在低和中等盐浓度胁迫条件下,碱性盐对根吸收 Mn^{2+} 有显著的促进作用。

2.10 中性和碱性盐胁迫对紫花苜蓿植株中 Zn^{2+} 含量的影响

如图8所示,在2种盐胁迫条件下,叶中 Zn^{2+} 含量随着 Na^+ 胁迫浓度的升高都略有下降。当 Na^+ 浓度高于100 mmol/L后,中性盐处理的叶内 Zn^{2+} 含量要低于同等条件下碱性盐处理的。茎中 Zn^{2+} 含量随着 Na^+ 浓度的升高而增

图6 中性和碱性盐胁迫下紫花苜蓿植株根、茎、叶中 Cu^{2+} 含量变化图7 中性和碱性盐胁迫下紫花苜蓿植株根、茎、叶中 Mn^{2+} 含量变化图8 中性和碱性盐胁迫下紫花苜蓿植株根、茎、叶中 Zn^{2+} 含量变化

加。茎在中性盐处理条件下 Zn^{2+} 的含量要比在碱性盐处理条件下高。在 Na^+ 浓度为 150 mmol/L 时,中性和碱性盐处理的茎中, Zn^{2+} 含量最高。同时,中性盐处理的茎内 Zn^{2+} 含量显著高于碱性盐处理。根中 Zn^{2+} 含量随着 Na^+ 浓度的升高而增加。中性盐处理根 Zn^{2+} 含量低于碱性盐处理。 Na^+ 浓度在 150 mmol/L 时,中性盐和碱性盐处理根中 Zn^{2+} 含量均最高,且两者差异显著。

2.11 中性和碱性盐胁迫对紫花苜蓿植株中 Fe^{3+} 含量的影响

如图 9 所示,叶、茎和根 3 部分中 Fe^{3+} 含量有明显差异,根中 Fe^{3+} 含量最高,叶次之,而茎中含量最低。叶中 Fe^{3+} 含量随着 Na^+ 浓度升高而降低,但是差异不显著,在 Na^+ 浓度为 100 mmol/L 时,叶在中性盐条件下 Fe^{3+} 含量最低。相同浓度下,在碱性盐条件下,叶中的 Fe^{3+} 含量达到最高值。而且在中性盐和碱性盐条件下,叶中 Fe^{3+} 含量差异不显著。茎中 Fe^{3+} 含量随着 Na^+ 浓度升高而升高。在同一 Na^+ 浓度时,茎在碱性盐条件下 Fe^{3+} 含量要显著高于中性盐处理。当 Na^+ 浓度达到 150 mmol/L 时,在碱性盐条件下,茎中 Fe^{3+} 含量达到最大值。而且在中性盐和碱性盐条件下, Na^+ 浓度低于 100 mmol/L 时,茎内 Fe^{3+} 含量差异不明显,而在 Na^+ 浓度为 150 mmol/L 时,茎内 Fe^{3+} 含量差异明显。根在中性盐条件下,随着 Na^+ 浓度的升高 Fe^{3+} 含量降低,而在碱性盐条件下,随着

Na^+ 浓度的升高 Fe^{3+} 含量显著升高。在碱性盐条件下, Na^+ 浓度为 100 mmol/L 时,根内 Fe^{3+} 含量达到最高值。3 种盐浓度下,碱性盐处理的根中 Fe^{3+} 含量显著高于中性盐处理。

3 讨论

盐土是指地壳土层中有大量可溶性盐的土壤,当表层土壤的中性盐含量超过 0.2% 时,对大部分甜土植物产生不同程度的危害,这种土壤被称为盐化土壤或盐渍土壤。碱土是在干旱和半干旱气候带的石灰性土壤,其上层土壤中 CaCO_3 含量从百分之几到 95%,碱土的特点是常含有游离的碳酸钙,土壤的 pH 值大于 8。盐分是影响植物生长和作物产量的重要环境因素,通常受到盐胁迫后会影响到植物对基本养分离子的吸收,从而破坏植物正常生长的养分离子平衡。不同盐类和同一盐类不同盐浓度,不同植物和同一植物不同器官和不同发育阶段,以及曝露于盐渍条件下时间的长短,都可以产生不同的结果,盐分的抑制机理也不相同。已经有研究报道表明,盐胁迫和盐碱胁迫是 2 个有明显区别的胁迫过程,碱性盐胁迫除了盐胁迫外还有高 pH 值胁迫^[3-7],植物在吸收矿质元素的过程中,一些化学结构及物理特性相近的不同营养元素之间存在着竞争关系。高盐胁迫下,高浓度的 Na^+ 可阻止一些矿质元素的吸收,造成营养离子的亏缺。以 K^+ 为例,

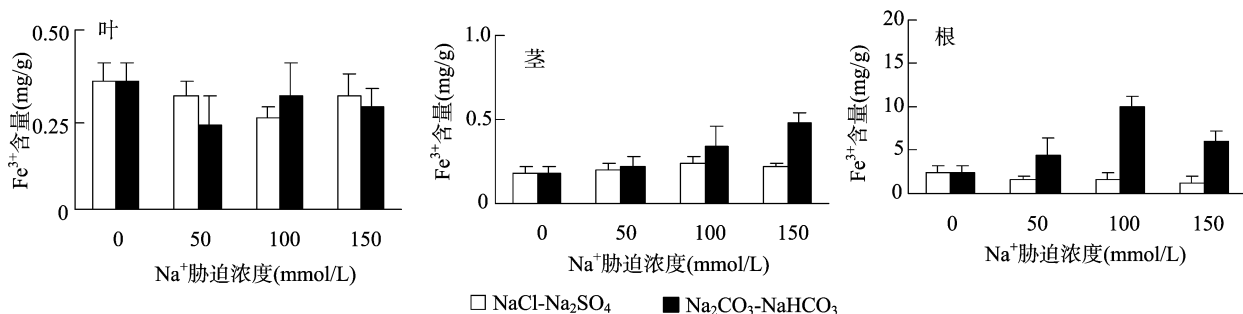


图9 中性和碱性盐胁迫下紫花苜蓿植株根、茎、叶中 Fe^{3+} 含量变化

它在高等植物的生长和发育中起着重要作用,它可维持细胞的膨压、气孔的运动及细胞的生长^[8]。

本试验结果表明,中性盐和碱性盐胁迫后,紫花苜蓿根、茎、叶的 Na^+ 含量升高,这一结果符合大部分甜土植物受到盐胁迫后的 Na^+ 变化规律,如小麦、水稻^[9]、南瓜^[10]等。在中、高盐浓度胁迫条件下,碱性盐处理的根、茎 Na^+ 含量显著高于中性盐处理,说明碱性盐胁迫弱化了植物对 Na^+ 吸收与运输的控制,这可能与溶液高pH值和高浓度的碳酸根存在有关,但是需要研究证明。

通常植物受到盐胁迫后会影响到植物对基本养分离子的吸收,从而破坏植物正常生长的养分离子平衡。一些研究已经证明在盐胁迫条件下较低的 Na^+/K^+ 对植物的抗盐能力是有益的,叶 $\text{Na}^+/\text{Mg}^{2+}$ 比值通常被用来衡量植物受到 Na^+ 毒害程度的重要指标^[11],叶片的 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 值用来指示 Ca^{2+} 被 Na^+ 的置换程度,盐胁迫后有较高的 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 值,这会引起大量的 K^+ 从细胞液中泄漏出来^[12]。中性盐和碱性盐胁迫后,中性盐处理的苜蓿幼苗叶和根中 K^+ 含量高于碱性盐处理的苜蓿幼苗,而茎中 K^+ 含量低于碱性盐处理的苜蓿幼苗,说明盐胁迫增强了 K^+ 的选择性吸收和运输作用,在一定程度上缓解了过量 Na^+ 造成的毒害。本试验表明:碱性盐胁迫下 Na^+/K^+ 值高于中性盐胁迫下,说明碱性盐胁迫对苜蓿1号紫花苜蓿的抗盐能力是不利的。盐胁迫下, Ca^{2+} 在维持细胞膜的完整性和离子选择性吸收方面起着重要作用。本试验结果表明,在碱性盐胁迫下,根中 Ca^{2+} 的含量与无盐对照存在极显著差异,说明碱胁迫降低了根向茎叶中运输 Ca^{2+} 的能力。镁是植物生长必需的营养元素, Mg^{2+} 在作物耐盐性中的报道较少,叶片中 Mg^{2+} 含量升高有利于增强植株叶片的光合作用,从而增强植株的耐盐性。叶 $\text{Na}^+/\text{Mg}^{2+}$ 比值通常被用来衡量植物受到 Na^+ 毒害程度的重要指标。本试验表明:碱性盐胁迫使 $\text{Na}^+/\text{Mg}^{2+}$ 比值高于中性盐胁迫,说明碱性盐胁迫对苜蓿1号紫花苜蓿的毒害较为严重。 Al^{3+} 在作物耐盐性中的报道较少,本试验表明:高盐浓度下,碱性盐胁迫抑制根对 Al^{3+} 的吸收,但对其向茎和叶中运输则影响不大。

铁、锰、铜、锌、钼、硼是植物生长的必需元素,当植物受到盐胁迫时,由于盐分离子的影响常造成微量元素营养失调,从而影响植物的生长。本研究发现中性盐与碱性盐胁迫条件下,叶中 Fe^{3+} 含量随着 Na^+ 浓度升高而降低;茎中 Fe^{3+} 含量随着 Na^+ 浓度升高而升高。茎在碱性盐条件下 Fe^{3+} 含量要显著高于中性盐胁迫下。根在中性盐条件下,随着 Na^+ 浓度的升高 Fe^{3+} 含量降低,而在碱性盐条件下随着 Na^+ 浓度的升高 Fe^{3+} 含量显著升高。上述结果表明在2种盐胁迫条件下,

苜蓿对 Fe^{3+} 的吸收与运输机制存在差异。

2类盐胁迫条件下,苜蓿茎、叶的 Mn^{2+} 积累均被抑制,这一结果与前人在小麦、水稻^[9]、南瓜^[10]上研究的结果不一致。中性盐抑制根对 Mn^{2+} 的吸收,而在低和中等盐浓度胁迫条件下,碱性盐对根吸收 Mn^{2+} 有显著的促进作用。

在对水稻、小麦^[9]、南瓜^[10]和胡椒^[13]的研究中发现,盐诱导植株各器官的 Cu^{2+} 含量升高。本研究中,中性、碱性盐胁迫对叶片 Cu^{2+} 的积累有促进作用,对紫花苜蓿茎 Cu^{2+} 的积累没有显著影响。碱性盐促进紫花苜蓿根对 Cu^{2+} 的吸收,而中性盐处理对苜蓿根 Cu^{2+} 的吸收有抑制作用。

在对水稻、小麦^[9]、南瓜^[10]、草莓^[14]的研究中也发现, NaCl 也诱导根中的 Zn^{2+} 含量升高。Cramer等报道, NaCl 处理能增加 Zn^{2+} 向叶片运输,并重点指出这种运输的增加是由于 NaCl 引起的质膜渗透能力增加而导致的^[12]。在2种盐胁迫条件下,苜蓿叶、茎、根中的 Zn^{2+} 含量随着 Na^+ 浓度的升高都有下降。

4 小结

中性盐和碱性盐胁迫后,苜蓿根、茎、叶的 Na^+ 含量升高,碱性盐处理的根、茎 Na^+ 含量显著高于中性盐处理。中性盐和碱性盐胁迫后,碱性盐胁迫下的 Na^+/K^+ 值高于中性盐胁迫下的;碱性盐胁迫使 $\text{Na}^+/\text{Mg}^{2+}$ 比值高于中性盐胁迫,碱性盐胁迫抑制根对 Al^{3+} 的吸收,但对其向茎和叶中运输则影响不大。混合碱性盐胁迫弱化了苜蓿对 Na^+ 吸收与运输的控制,增强了 Na^+ 的毒害,中性、碱性混合盐胁迫条件下,重要养分离子在苜蓿植株根、茎、叶中的含量存在差异。进一步说明紫花苜蓿对中性盐和碱性盐胁迫的适应机制不同,这可能与溶液高pH值和高浓度的碳酸根存在有关。

参考文献:

- [1] 赵可夫. 中国盐生植物[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 1-10.
- [2] 洪绶曾, 卢欣石, 高洪文. 苜蓿科学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2009: 156-453.
- [3] Yang C, Chong J, Kim C, et al. Osmotic adjustment and ion balance traits of an alkali resistant halophyte *Kochia sieversiana* during adaptation to salt and alkali conditions [J]. Plant Soil, 2007, 294: 263-276.
- [4] Yang C, Jianer A, Li C, et al. Comparison of the effects of salt stress and alkali stress on the photosynthetic production and energy storage of an alkali-resistant halophyte *Chloris virgata* [J]. Photosynthetica, 2008, 46: 273-278.

段震宇,王 婷,桑志勤,等. 种植密度对青贮玉米新饲玉 11 号叶部性状及灌浆速率的影响[J]. 江苏农业科学,2013,41(7):195-197.

种植密度对青贮玉米新饲玉 11 号叶部性状及灌浆速率的影响

段震宇,王 婷,桑志勤,王友德,陈树宾,郭 斌,李玉梅

(新疆农垦科学院作物研究所/谷物品质与遗传改良兵团重点实验室,新疆石河子 832000)

摘要:为了选育新疆地区优良的耐密植青贮玉米新品种,以青贮玉米杂交种新饲玉 11 号为试验材料,采用田间随机区组试验研究 6 个种植密度对玉米叶面积(LA)、叶面积指数(LAI)、光合势(LAD)及灌浆速率的影响。结果表明:从拔节期到抽雄期,随着种植密度的增加,玉米叶面积、叶面积指数、光合势的差异逐渐加大,单株叶面积和光合势随种植密度的增加而降低,群体叶面积、叶面积指数和光合势随种植密度的增加而升高。抽雄期种植密度对叶面积、叶面积指数、光合势的影响达到最大。种植密度对玉米籽粒含水量和含水率的影响不明显,而对籽粒干重和灌浆速率有一定影响,低密度有利于籽粒干重的增加。种植密度对玉米灌浆前期的影响较大,后期影响相对较小,低密度下单株灌浆速率较高,随着种植密度增加,单株灌浆速率有所下降。

关键词:青贮玉米;种植密度;叶面积(LA);叶面积指数(LAI);光合势(LAD);灌浆速率

中图分类号:S513.01 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2013)07-0195-03

随着新疆畜牧业的快速发展,青贮玉米作为草食家畜主要的饲料之一,需求量日渐增加,同时由于经济的飞速发展和草食家畜的大力发展,过度放牧使新疆天然草场的面积日益减少和沙化。因此,如何提高单位面积青贮玉米生物产量是新疆畜牧业大力发展的主要问题之一。品种的选育和配套的高产栽培技术研究都是玉米获得高产的重要途径之一,而种

植密度则是快速提高产量的关键要素之一。前人研究玉米种植密度对农艺性状和产量影响的报道很多,但是针对种植密度对青贮玉米叶部性状和灌浆速率影响的研究报道很少。因此,笔者采用田间随机区组试验研究了 6 个种植密度对青贮玉米叶部性状和灌浆速率的影响,以期选育耐密型青贮玉米新品种提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试青贮玉米品种为新疆农垦科学院作物研究所选育的青贮玉米新品种——新饲玉 11 号(试验种子由新疆农垦科学院作物研究所提供),试验于 2009 年 4 月在新疆农垦科学院试验田进行。

收稿日期:2013-01-05

基金项目:国家星火计划(编号:2011GA891020)。

作者简介:段震宇(1979—),男,河南人,硕士,助理研究员,主要从事玉米遗传育种与高产栽培研究。Tel:(0993)6683832;E-mail:duanzhenyunk@ sina.com。

通信作者:王 婷,研究员,主要从事玉米遗传育种与高产栽培研究。Tel:(0993)6683653。

[5] Yang C, Shi D, Wang D. Comparative effects of salt stress and alkali stress on growth, osmotic adjustment and ionic balance of an alkali resistant halophyte *Suaeda glauca* (Bge) [J]. Plant Growth Regul, 2008, 56: 179-190.

[6] Yang C, Wang P, Li C, et al. Comparison of effects of salt and alkali stresses on the growth and photosynthesis of wheat [J]. Photosynthetica, 2008, 46: 107-114.

[7] Yang C, Xu H, Wang L, et al. Comparative effects of salt stress and alkali-stress on the growth, photosynthesis, solute accumulation, and ion balance of barley plants [J]. Photosynthetica, 2009, 47: 79-86.

[8] Tatiana Z, Yamashita K, Matsumoto H. Iron deficiency induced changes in ascorbate content and enzyme activities related to ascorbate metabolism in cucumber roots [J]. Plant Cell Physiol, 1990, 40: 273-280.

[9] Alpaslan M, Gunes A, Taban S, et al. Variations in calcium, phosphorus, iron, copper, zinc, and manganese contents of wheat and rice varieties under salt stress [J]. Turkish J Agr and For, 1998, 22:

227-233.

[10] Villora G, Moreno D A, Pulgar G, et al. Yield improvement in zucchini under salt stress; Determining micronutrient balance [J]. Sci Hortic, 2000, 86: 175-183.

[11] Jeschke W D. Partitioning of K^+ , Na^+ , Mg^{2+} and Ca^{2+} through xylem and phloem to component organs of nodulated lupin subjected to mild salinity [J]. J Plant Physiol, 1987, 128: 77-98.

[12] Cramer G R, Läuchli A, Polito V S. Displacement of Ca^{2+} by Na^+ from the plasmalemma of root cells [J]. Plant Physiol, 1985, 79: 207-211.

[13] Cornillon P, Palloix P. Influence of sodium chloride on the growth and mineral nutrition of pepper cultivars [J]. J Plant Nutr, 1997, 20: 1085-1094.

[14] Esecchie H, Ece T, Atilla E. Changes of micronutrients, dry weight and chlorophyll contents in strawberry plants under salt stress conditions [J]. Commun Soil Sci Plan, 2005, 36: 1021-1028.