

氮素形态配比对黄河三角洲盐渍土区 冬小麦幼苗生长的影响

文佩^{1,2}, 陈小兵^{1*}, 王佳宇³, 张乐乐⁴, 刘新程³, 张立宾⁵, 孙海栓⁶, 秦松¹

(1. 中国科学院烟台海岸带研究所, 山东 烟台 264003; 2. 中国科学院大学, 北京 100049;

3. 中国农业大学(烟台), 山东 烟台 264003; 4. 烟台大学, 山东 烟台 264003;

5. 东营市科技情报研究所, 山东 东营 257091; 6. 山东省汇邦渤海农业开发有限公司, 山东 东营 257091)

摘要:【目的】了解外源施用氮素形态配比对黄河三角洲盐渍土区冬小麦幼苗生长的影响。【方法】以3种(0.90、1.90、2.90 g/kg)不同盐渍化程度的滨海盐土为对象,采用室内盆栽培养方法,探究在盐分胁迫下氮素形态配比(以N计,硝态氮、铵态氮质量比依次为100%:0(N100A0)、75%:25%(N75A25)、50%:50%(N50A50)、25%:75%(N25A75)、0:100%(N0A100))对冬小麦幼苗生长的影响。【结果】①氮处理对冬小麦幼苗地上、地下部干质量影响极显著,其中N50A50处理冬小麦地上、地下部干质量最大。②各盐分水平下,NO₃⁻-N、NH₄⁺-N质量比为75%:25%能促进冬小麦叶绿素量增加,N50A50处理或N75A25处理有利于小麦幼苗可溶性糖量积累。③N50A50处理可显著增加冬小麦幼苗地上、地下部全氮量。【结论】综上所述,在0.90~2.90 g/kg盐度范围内,施用硝态氮和铵态氮的比例为50%:50%或75%:25%,有利于冬小麦在苗期更好地吸收氮素营养及积累糖分、叶绿素和干物质。

关键词:氮素; 盐胁迫; 苗期; 冬小麦

中图分类号:S512.1¹¹

文献标志码:A

doi:10.13522/j.cnki.gggs.20170064

文佩,陈小兵,王佳宇,等. 氮素形态配比对黄河三角洲盐渍土区冬小麦幼苗生长的影响[J]. 灌溉排水学报,2018,37(10):69-74.

0 引言

黄河三角洲位于渤海西岸,两湾湾口,是我国三大河口三角洲之一,它是由黄河携带泥沙在入海口淤积而成的新生陆地。该区地下水埋深浅,矿化度高,受地形限制,盐水难以排出,沉积土壤又以细砂和粉砂为主,毛管作用强烈,地下水盐分易表聚,土壤盐渍化普遍存在,已成为当地生态系统和农业可持续发展中最重要的环境问题^[1]。长期盐胁迫引起土壤水分亏缺、离子毒害和离子失衡,严重影响作物生长^[2]。

冬小麦是黄河三角洲地区的主要粮食作物^[3]。苗期是小麦从自养过渡到异养的关键时期,此时小麦扎根浅,易发生盐渍危害^[4]。土壤盐分会抑制小麦根、芽生长,同时盐胁迫下小麦的出苗率和保苗率及有效分蘖数都会下降^[5];盐分还会引起植物叶绿素降解,单位面积叶片的叶绿素量也会大幅度降低^[6]。已有研究表明,3%的土壤全盐量为小麦苗期生长的耐盐阈值^[7]。氮素是植物体内重要的结构物质和最活跃物质(酶)的组成成分^[8],氮素施入量及配比都影响小麦幼苗生长状况,合理配施氮肥对改善盐渍化土壤中小麦幼苗生长尤为重要。氮肥施入可缓解盐分的抑制作用,降低小麦苗期氯离子积累及生长后期钠离子的积累^[9];曾文治等^[10]研究发现,增施氮肥可以提高盐胁迫下葵花出苗率、株高、叶面积和干质量。土壤中NO₃⁻-N和NH₄⁺-N是植物可利用的有效氮源,植物对不同种类以及不同比例无机氮具有偏好性^[11]。小麦对于2种氮源利用的差异一直受到学者重视。Elgharably等^[12]发现,与NO₃⁻-N相比,NH₄⁺-N对小麦苗期生物量以及微量元素有

收稿日期:2017-12-29

基金项目:国家重点研发计划课题(2016YFD02003003);山东省重点研发计划项目(201CYJS05A01-1,2017CXGC0316);东营市重点研发计划项目(2016YF17)

作者简介:文佩(1992-),女。硕士研究生,主要从事土壤盐渍化与改良技术方面研究。E-mail: 879061528@qq.com

通信作者:陈小兵(1974-),男。副研究员,博士,研究方向为水土资源管理及环境影响评价。E-mail: xbchen@yic.ac.cn

促进作用。罗来超等^[13]研究发现硝态氮处理下,小麦叶质量、总生物量最高。但是,氮素配比对黄河三角洲盐化土壤冬小麦幼苗生长影响的研究较少,而冬小麦苗期生长状况直接影响着后期生长和产量水平。为此,探究氮素形态对三角洲盐渍土区冬小麦苗期生长的影响,以期在盐渍化土壤种植冬小麦的合理施氮方式提供理论依据和数据支撑。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

黄河三角洲地区处于北温带季风性气候区,主要气候特点是四季变化明显,属季风大陆性气候;全年平均气温为11.7~12.6℃,全年≥0℃以上积温为4 783.5℃;年降水量为530~630 mm;年蒸发量为1 900~2 400 mm;全年日照时间为2 750 h^[14]。

1.2 试验材料

供试土壤:土壤于2016年11月采自黄河三角洲渤海农场(37°41'17.25"N,118°36'03.76"E),采样地块为小麦-玉米轮作田块,土壤类型属砂质壤土。在野外田块选取土质较为均一的地块,依据小麦出苗状况采集同一地块三小块地块耕层0~20 cm土壤,以F1、F2、F3表示。土壤分区收集,各自混合均匀后自然风干,过2 mm筛,测定相关理化性质,土壤基本理化性质见表1,除全盐量差异较大外,各区的土壤其他性质基本一致。

供试花盆:盆大小根据预试验中冬小麦生长到分蘖后期根部需要的空间确定。盆底直径28 cm、高25 cm,适宜小麦根系生长,盆底封闭,防止灌水后盐溶液外浸。

供试氮肥:硝态氮为Ca(NO₃)₂,含氮量12.39%;铵态氮为(NH₄)₂SO₄,含氮量21.21%。

供试种子:“济麦22”,种子百粒质量为(4.70±0.12) g。

表1 土壤基本理化性质

田块	pH值	体积质量/(g·cm ⁻³)	田间持水率/%	全氮量/(g·kg ⁻¹)	NO ₃ ⁻ -N量/(mg·g ⁻¹)	NH ₄ ⁺ -N量/(mg·g ⁻¹)	全盐量/(g·kg ⁻¹)
F1	8.56	1.24	25.5	0.76	3.52	0.17	0.90
F2	8.62	1.26	25.7	0.78	3.47	0.20	0.19
F3	8.59	1.23	26.1	0.73	3.49	0.21	0.29

注 土壤pH值测定土水比为1:5。

1.3 试验设计

试验采用3×5双因素随机设计原则,共布设15个处理,每个处理15个重复。其中氮素设置5种配比,硝态氮(NO₃⁻-N)和铵态氮(NH₄⁺-N)的质量(以N计)比例依次为100%:0、75%:25%、50%:50%、25%:75%、0:100%,分别标记为N100A0、N75A25、N50A50、N25A75、N0A100,氮肥用量为0.2 g/kg。设置3个盐分水平,土壤含盐量为0.9、1.9和2.9 g/kg,分别用S1、S2、S3表示,以上盐分水平低于冬小麦幼苗耐盐阈值。试验于2017年3月在中国农业大学烟台校区温室进行。此时,烟台地区气温与山东棕壤种植区冬小麦播种时段温度等外环境条件基本一致。

采用盆栽试验,在花盆底部平铺200 g兰花石,以预试验播种数及生长到分蘖后期根部空间确定所用风干土质量,用天平称取2 500 g(原状土体积质量分别为1.24、1.26、1.23 g/cm³)风干土,取500 mL去离子水溶解氮肥并与土壤充分混合后装入塑料花盆中。用20% NaClO溶液对冬小麦种子浸泡消毒15 min,再用去离子水冲洗干净,黑暗湿润条件下(25±1℃)浸种催芽24 h,种子破胸露白后于2017年3月3日种植盆中,播种量为25粒/盆,2叶1心期定苗15株/盆。隔天采用称质量法保持土壤含水率在田间质量持水率的78%±3%范围内。在冬小麦生长的三叶期(2017年3月16日)、分蘖前期(2017年4月5日)、分蘖后期(2017年4月27日),以破坏性方式取每个处理中长势最为接近的3盆小麦,样品指标测定见表2。

表2 测定指标及方法

指标	测定方法	测定仪器	操作方法
叶绿素	乙醇比色法	T6紫外可见分光光度计	取冬小麦新鲜功能叶以无水乙醇提取,用分光光度计(T6紫外可见分光光度计)在665 nm和649 nm波长下测定吸光度并计算出叶绿素量 ^[15]
可溶性糖	蒽酮比色法	T6紫外可见分光光度计	取冬小麦新鲜功能叶用去离子水煮沸浸提后,加入浓硫酸蒽酮显色,用分光光度计(T6紫外可见分光光度计)在620 nm波长下测定吸光度并计算出可溶性糖量 ^[16]
冬小麦干质量	烘干法	DHZ-9140电热恒温鼓风干燥箱,FA1004电子天平	冬小麦鲜样85℃烘箱中烘15~30 min,再降温到70℃继续烘干至恒质量,用万分之一天平称质量 ^[17]
冬小麦全氮	凯氏定氮法	SH220石墨消解仪,KDY-9840凯氏定氮仪	H ₂ SO ₄ -H ₂ O ₂ 消煮,通过开氏蒸馏法测定 ^[17]

1.4 数据处理

采用Excel 2013 进行数据分析,用SPSS 19.0 进行多因素方差分析,采用 Origin 9.0 绘图。

2 结果与分析

2.1 氮素配比对冬小麦苗期地上、地下干质量的影响

表3反映了盐胁迫下不同氮素配比小麦苗期不同时段(三叶期、分蘖前期、分蘖后期)地上、地下部干质量。由表3可知,在各盐分水平下,冬小麦地上、地下部干质量均表现为混合氮源处理较大,其中以N50A50处理冬小麦地上、地下部干质量最大。方差分析表明,氮处理对冬小麦幼苗地上、地下部干质量影响显著(表3)。三叶期,与N100A0处理相比,N50A50处理地上部干质量增加了41.95%;与N0A100处理相比,N50A50处理地上部干质量增加了113.02%;与N100A0处理相比,N50A50处理地下部干质量显著增加了45.27%,与N0A100处理相比,N50A50处理地下部干质量增加了46.50%。分蘖前期和分蘖后期变化规律与三叶期一致。表明各盐分水平下,NO₃-N、NH₄⁺-N质量比为50%:50%更有利于冬小麦地上、地下部干物质的累积。这可能与混合氮源处理可以提高冬小麦幼苗对盐胁迫的适应性,光合作用增强,同化产物增加有关^[18]。

表3 各盐分水平下冬小麦苗期各阶段地上部和地下部干质量

盐分水平	氮素配比	三叶期		分蘖前期		分蘖后期	
		地上部	地下部	地上部	地下部	地上部	地下部
S1	N100A0	2.695 ^d	1.120 ^{de}	3.235 ^{cd}	2.440 ^{bc}	5.280 ^{bcd}	2.695 ^{cd}
	N75A25	3.257 ^e	1.185 ^{bcd}	3.315 ^c	2.535 ^{abc}	5.485 ^{abc}	3.257 ^{ab}
	N50A50	3.735 ^a	1.385 ^a	4.495 ^a	2.695 ^a	6.045 ^a	3.735 ^a
	N25A75	3.300 ^b	1.370 ^a	4.000 ^b	2.685 ^{ab}	5.920 ^a	3.300 ^{ab}
	N0A100	2.525 ^c	1.100 ^{de}	3.085 ^{cde}	1.715 ^g	4.917 ^{de}	2.525 ^d
S2	N100A0	2.210 ^d	0.827 ^f	2.730 ^{efg}	2.180 ^{de}	4.800 ^{de}	2.210 ^{de}
	N75A25	2.190 ^{efg}	1.023 ^e	2.827 ^{ef}	2.360 ^{cd}	5.050 ^{cde}	2.190 ^{de}
	N50A50	3.360 ^b	1.285 ^{ab}	3.475 ^c	2.610 ^{abc}	5.675 ^{ab}	3.360 ^{ab}
	N25A75	3.135 ^c	1.280 ^{abc}	2.845 ^{def}	2.385 ^{cd}	5.195 ^{bcde}	3.135 ^{bc}
	N0A100	2.175 ^{hi}	0.850 ^f	2.600 ^{gh}	1.640 ^h	4.705 ^e	2.175 ^{de}
S3	N100A0	1.835 ⁱ	0.645 ^g	2.273 ⁱ	1.690 ^g	4.130 ^{ef}	1.835 ^{ef}
	N75A25	2.135 ^{ghi}	0.690 ^g	2.395 ^{ghi}	1.875 ^{fg}	4.680 ^e	2.135 ^{def}
	N50A50	2.345 ^{ef}	1.095 ^{de}	2.520 ^{gh}	1.990 ^{ef}	5.190 ^{bcde}	2.345 ^{de}
	N25A75	2.215 ^{gh}	0.725 ^{fg}	2.465 ^{gh}	1.800 ^{fg}	4.775 ^{de}	2.215 ^{de}
	N0A100	1.575 ^j	0.620 ^g	2.010 ⁱ	1.430 ^h	2.825 ^e	1.575 ^f

注 同列不同字母表示各处理之间在P<0.05水平差异显著,下同。

表4 各盐分水平下冬小麦苗期各阶段叶绿素量和可溶性糖量

盐分水平	氮素配比	三叶期		分蘖前期		分蘖后期	
		可溶性糖	叶绿素	可溶性糖	叶绿素	可溶性糖	叶绿素
S1	N100A0	40.741 ^{gh}	0.185 ^{5^{cd}}	67.885 ^f	0.246 ^{1^{bcd}}	23.873 ^{fg}	0.260 ^{1^{bcdefg}}
	N75A25	77.875 ^b	0.244 ^{0^a}	158.491 ^b	0.282 ^{5^a}	30.680 ^{ef}	0.325 ^{7^a}
	N50A50	46.169 ^{fg}	0.222 ^{3^{ab}}	72.305 ^{fg}	0.281 ^{4^{ab}}	46.345 ^{cd}	0.303 ^{7^{ab}}
	N25A75	66.471 ^d	0.209 ^{7^{bc}}	74.452 ^{fg}	0.266 ^{8^{abc}}	25.313 ^{fg}	0.274 ^{6^{abcd}}
	N0A100	34.052 ^h	0.183 ^{3^{cd}}	60.995 ^e	0.234 ^{5^{cde}}	22.747 ^g	0.233 ^{4^{defg}}
S2	N100A0	57.281 ^c	0.151 ^{9^{ef}}	76.779 ^{fg}	0.227 ^{2^{ef}}	34.966 ^{def}	0.223 ^{3^{efg}}
	N75A25	78.905 ^b	0.211 ^{1^{bc}}	260.435 ^b	0.247 ^{3^{abcd}}	46.776 ^c	0.288 ^{3^{abc}}
	N50A50	68.505 ^{cd}	0.199 ^{3^{bc}}	107.076 ^c	0.233 ^{3^{cdef}}	50.995 ^c	0.287 ^{0^{abc}}
	N25A75	70.049 ^d	0.187 ^{1^{cd}}	108.645 ^{bc}	0.227 ^{6^{def}}	41.184 ^{cde}	0.282 ^{0^{abcd}}
	N0A100	47.540 ^{fg}	0.125 ^{6^{fg}}	75.671 ^{fg}	0.201 ^{6^f}	26.320 ^{fg}	0.216 ^{8^{fg}}
S3	N100A0	66.921 ^d	0.103 ^{8^{gh}}	110.542 ^{bc}	0.199 ^{8^f}	48.711 ^c	0.208 ^{5^g}
	N75A25	90.547 ^a	0.158 ^{5^{de}}	264.508 ^a	0.214 ^{2^{de}}	70.659 ^b	0.257 ^{8^{bcdefg}}
	N50A50	75.250 ^{bc}	0.139 ^{5^{ef}}	127.121 ^{cd}	0.206 ^{7^{ef}}	385.371 ^a	0.242 ^{7^{cdefg}}
	N25A75	88.569 ^a	0.123 ^{4^{gh}}	139.262 ^{bc}	0.204 ^{0^{ef}}	52.098 ^c	0.229 ^{8^{defg}}
	N0A100	51.482 ^{ef}	0.094 ^{2^b}	87.428 ^f	0.126 ^{9^g}	44.992 ^{cd}	0.054 ^{0^b}

2.2 氮素配比对盐渍化土壤冬小麦苗期叶绿素量和可溶性糖量的影响

冬小麦幼苗叶片叶绿素和可溶性糖量随氮素配比变化见表4。表4显示,各盐分水平下,混合氮源处理冬小麦叶绿素量都高于单一氮源处理,N75A25处理叶绿素量最高。方差分析表明,氮处理对冬小麦苗期叶绿素量影响显著(表4)。三叶期,与N100A0处理相比,N75A25处理叶绿素量增加了39.10%,与N0A100处理相比,N75A25处理叶绿素量增加了52.25%。分蘖前期和分蘖后期变化规律与三叶期一致。以上分析表

明各盐分水平下,NO₃⁻-N、NH₄⁺-N质量比为75%:25%能促进冬小麦叶绿素量增加。N75A25处理下冬小麦叶绿素量增加可能与氮素配比施用促进氮素量增加,有利于叶绿素合成和提高了冬小麦幼苗对盐胁迫的适应性有关^[19]。

由表4可知,各盐分水平下,混合氮源处理的可溶性糖量高于单一氮源处理,三叶期和分蘖前期以N75A25处理可溶性糖量最高,分蘖后期以N50A50处理可溶性糖量最高。方差分析表明,氮处理对冬小麦幼苗可溶性糖影量响显著(表4)。三叶期,与N100A0处理相比,N75A25处理可溶性糖量增加了49.95%,与N0A100处理相比,N75A25处理可溶性糖量增加了85.86%;分蘖前期与三叶期变化相同;分蘖后期,与N100A0处理相比,N50A50处理可溶性糖量增加了348.83%,与N0A100处理相比,N50A50处理可溶性糖量增加了413.20%。表明各盐分水平下,NO₃⁻-N、NH₄⁺-N质量比为75%:25%或者是50%:50%有利于小麦幼苗可溶性糖量积累。这可能与硝态氮和铵态氮配比施入提高了根系活力有关^[20]。

2.3 氮素比对盐渍化土壤冬小麦苗期地上、地下部全氮量的影响

表5反映了冬小麦地上部和地下部全氮量随氮素配比的变化情况。由表5可知,各盐分水平下,冬小麦幼苗地上、地下部全氮量都表现为混合氮源处理大于单一氮源处理,并且以N50A50处理全氮量最大。方差分析表明,氮处理对冬小麦地上、地下部全氮量影响显著(表5)。三叶期,与N100A0处理相比,N50A50处理地上部全氮量增加了33.79%,与N0A100处理相比,N50A50处理地上部全氮量增加了46.18%;与N100A0处理相比,N50A50处理地下部全氮量增加了35.55%,与N0A100处理相比,N50A50处理地下部全氮量增加了62.00%。分蘖前期和分蘖后期变化规律与三叶期一致。研究表明,各盐分水平下,NO₃⁻-N、NH₄⁺-N质量比为50%:50%有利于冬小麦地上、地下部氮素累积。这可能与混合氮源处理缓解了冬小麦盐分抑制作用且体内酶活性有关^[21]。

表5 各盐分水平下不同氮素配比冬小麦苗期各阶段地上部和地下部全氮量 mg/g

盐分水平	氮素配比	三叶期		分蘖前期		分蘖后期	
		地上部	地下部	地上部	地下部	地上部	地下部
S1	N100A0	0.033 1 ^b	0.028 6 ^{de}	0.024 7 ^{bcd}	0.025 1 ^{cd}	0.020 8 ^c	0.025 9 ^{cd}
	N75A25	0.033 3 ^b	0.034 6 ^{de}	0.028 5 ^{abc}	0.026 5 ^{bc}	0.021 4 ^{bc}	0.031 6 ^{ab}
	N50A50	0.043 4 ^a	0.037 1 ^a	0.029 6 ^a	0.031 3 ^a	0.032 0 ^a	0.032 7 ^a
	N25A75	0.041 3 ^a	0.035 1 ^{ab}	0.029 0 ^{ab}	0.029 4 ^{ab}	0.021 4 ^{bc}	0.028 9 ^{bc}
	N0A100	0.032 0 ^{bcd}	0.026 1 ^c	0.018 0 ^f	0.022 0 ^d	0.020 7 ^{cd}	0.019 9 ^c
S2	N100A0	0.026 0 ^{def}	0.027 0 ^{de}	0.023 3 ^{de}	0.023 3 ^{cd}	0.019 2 ^{cd}	0.024 4 ^d
	N75A25	0.029 8 ^{bcd}	0.030 6 ^{cd}	0.023 6 ^{de}	0.025 4 ^{cd}	0.020 7 ^{cd}	0.027 5 ^{cd}
	N50A50	0.032 9 ^{bc}	0.036 8 ^{ab}	0.026 7 ^{abcd}	0.030 6 ^a	0.025 4 ^b	0.030 5 ^{ab}
	N25A75	0.030 3 ^{bcd}	0.033 9 ^{abc}	0.024 0 ^{de}	0.026 5 ^{bc}	0.021 0 ^{bc}	0.028 0 ^{bcd}
	N0A100	0.021 3 ^{fg}	0.020 6 ^{fg}	0.012 9 ^g	0.014 9 ^e	0.016 6 ^{de}	0.028 0 ^c
S3	N100A0	0.019 4 ^{fg}	0.024 7 ^{ef}	0.011 8 ^g	0.017 7 ^c	0.013 5 ^c	0.020 1 ^e
	N75A25	0.024 4 ^{efg}	0.027 8 ^{de}	0.012 2 ^g	0.022 5 ^d	0.013 8 ^c	0.027 2 ^{cd}
	N50A50	0.028 7 ^{bcd}	0.034 9 ^{ab}	0.023 2 ^{def}	0.030 5 ^a	0.021 5 ^{bc}	0.028 5 ^{bc}
	N25A75	0.026 1 ^{cdef}	0.032 7 ^{bc}	0.020 8 ^{ef}	0.023 5 ^d	0.018 8 ^{cd}	0.026 6 ^{cd}
	N0A100	0.018 5 ^g	0.020 4 ^g	0.011 1 ^g	0.014 1 ^e	0.012 9 ^c	0.016 7 ^e

3 讨论

土壤盐渍化是限制植物生长的关键因素。可溶性糖是植物在逆境胁迫下重要的渗透调节物质。可溶性糖的主要功能是渗透保护、渗透适应、碳储存和清除活性氧自由基^[22]。本研究发现,混合氮源处理下冬小麦幼苗叶片中可溶性糖量显著优于单一氮源处理,以N75A25处理和N50A50处理下可溶性糖量最高。这与郑军等^[23]的研究结果相似。这可能与单施铵态氮造成根系铵盐毒害,单一硝态氮源使叶片中硝态氮大量积累,限制硝酸还原酶活性导致其可溶性糖量降低有关^[24],而混合氮源处理降低叶片中硝酸盐量,提高硝酸还原酶活性促进可溶性糖合成和代谢。

植物体内氮素积累是保证光合器官正常运作的重要条件,同时也反映了植物营养吸收和对盐分胁迫适应能力^[25]。植物对于氮素的吸收与土壤氮素形态和配比密不可分。本研究发现,各盐分水平下,混合氮源处理冬小麦幼苗地上、地下部全氮量优于单一氮源处理,以N50A50处理地上、地下部全氮量最大,与黄明等^[26]的研究结果相似。这可能与NO₃⁻-N、NH₄⁺-N质量比为50%:50%时提高了冬小麦根系活力,促进了冬小麦对氮素吸收,同时增加了硝酸还原酶、谷氨酰胺合成酶和谷氨酸合成酶的活性有关^[27]。同时,此处理下的可溶

性糖量较高,缓解了盐分对冬小麦造成的渗透胁迫,因而表现为N50A50处理冬小麦幼苗地上、地下部全氮量最高。

光合作用是植物生长的基础,叶绿体是光合作用载体,叶绿素量会直接影响到植物光合同化作用以及干物质积累^[28]。土壤盐渍化产生的离子毒害作用使叶片叶绿素量显著降低^[29]。唐晓清等^[30]发现硝态氮能够显著提高菘蓝体内叶绿素量。本研究显示,各盐分水平下,混合氮源处理的冬小麦幼苗叶绿素量显著优于单一氮源处理,以N75A25处理叶绿素量最高。这与曹翠玲等^[31]的研究结果相近,NO₃⁻-N、NH₄⁺-N质量比为50%:50%时叶绿素量最高。这与N75A25处理氮素累积量较高,促进了叶绿素合成有关^[32],也可能与此处理能够有效缓解钠离子积累对叶绿素合成的抑制作用有关^[33]。

植物干质量是植物对逆境环境条件响应的重要指标。土壤盐渍化导致叶、茎和根的鲜质量和干质量显著降低^[34]。研究发现,各盐分水平下,混合处理冬小麦幼苗地上、地下部干质量显著优于单一氮源处理,以N50A50处理地上、地下部干质量达到最大,此结果与王磊等^[35]对菊芋幼苗培养试验研究结果相近。可能是因为混合氮源处理提高了小麦幼苗对于盐胁迫的适应性,削弱了盐胁迫对干质量积累的抑制作用。此外,混合氮源处理冬小麦叶绿素量较高,光合同化产物形成较多,促进了地上、地下部干质量积累。

土壤盐分会抑制冬小麦幼苗的生长,氮素积累以及营养元素量下降最终限制干质量累积;适宜氮肥的施用会减缓盐分对植物的抑制作用^[36],与单一氮源相比,混合氮源提高了小麦盐分胁迫适应性。本研究以NO₃⁻-N、NH₄⁺-N质量比为50%:50%和75%:25%处理的可溶性糖量相对较高,可以缓解土壤盐分产生的渗透胁迫,增加全氮量、叶绿素量,有助于冬小麦干质量增加。与单一氮源处理相比,混合氮源处理是改善冬小麦幼苗生长有效方式。

4 结论

1)与单一氮源处理相比,NO₃⁻-N、NH₄⁺-N质量比为75%:25%,冬小麦幼苗叶绿素量最高,三叶期和分蘖前期的可溶性糖量积累最多。

2)与单一氮源处理相比,NO₃⁻-N、NH₄⁺-N质量比为50%:50%的处理显著地增加了各盐渍化土壤中冬小麦幼苗地上、地下部干质量、全氮量和分蘖后期叶片可溶性糖量;改善了冬小麦幼苗根系吸收能力,提高了冬小麦盐胁迫适应性,为产量形成奠定基础。

3)与其他处理相比,混合氮源处理以NO₃⁻-N、NH₄⁺-N质量比为50%:50%或75%:25%,冬小麦幼苗生长更优,有助于盐渍化土壤中冬小麦生根壮苗。

参考文献:

- [1] 管博,于君宝,陆兆华,等. 黄河三角洲重度退化滨海湿地盐地碱蓬的生态修复效果[J]. 生态学报,2011,31(17): 4 835-4 840.
- [2] MUNNS R, TESTER M. Mechanisms of salinity tolerance[J]. Annual Review of Plant Biology, 2008, 59: 651-681.
- [3] 柴雨葳,黄彩霞,陆军胜,等. 水分胁迫条件下低温对小麦幼苗生长发育的影响[J]. 灌溉排水学报,2017,36(4): 53-58.
- [4] 靖姣姣,路斌,杜欢,等. 盐胁迫对小麦代换系光合性状的影响及染色体效应研究[J]. 麦类作物学报,2016,36(9): 1 147-1 152.
- [5] 刘丹,王建贺,王从磊,等. 不同浓度盐胁迫对小麦萌发和幼苗生长的影响[J]. 中国农学通报,2016,32(24): 49-54.
- [6] 徐新文,徐海量,王艳玲,等. 盐胁迫对沙漠公路防护林主要固沙植物叶绿素含量的影响[J]. 科学通报,2008(S2): 96-99.
- [7] 田桂萍,康双阳. 盐碱土壤小麦体内盐分含量动态变化规律[J]. 灌溉排水学报,1997,16(4): 28-31.
- [8] 赵平,彭少麟. 植物氮素营养的生理生态学研究[J]. 生态科学,1998(2): 37-42.
- [9] 逢焕成,杨劲松,谢晓红. 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.
- [10] 曾文治,徐驰,黄介生,等. 土壤盐分与施氮量交互作用对葵花生长的影响[J]. 农业工程学报,2014,30(3): 86-94.
- [11] TRAORE A, MARANVILLE J W. Effect of nitrate/ammonium ratio on biomass production, nitrogen accumulation, and use efficiency in sorghums of different origin[J]. Journal of Plant Nutrition, 1999, 22(4/5):813-825.
- [12] ELGHARABLY A, MARSCHNER P, RENGASAMY P. Wheat growth in a saline sandy loam soil as affected by N form and application rate[J]. Plant & Soil, 2010, 328(1/2):303-312.
- [13] 罗来超,苗艳芳,李生秀,等. 氮素形态对小麦幼苗生长及根系生理特性的影响[J]. 河南科技大学学报(自然科学版),2013,34(4): 81-84.
- [14] 岳辉,刘英. 基于RS和GIS的黄河口海岸线演变及土地利用研究[J]. 测绘工程,2018,2(27): 13-19.
- [15] 薛香,吴玉娥. 小麦叶片叶绿素含量测定及其与SPAD值的关系[J]. 湖北农业科学,2010,49(11): 2 701-2 702.
- [16] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2006: 71-74.
- [17] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000: 41-44.
- [18] 朱新广,王强,张其德,等. 冬小麦光合功能对盐胁迫的响应[J]. 植物营养与肥料学报,2002,8(2): 177-180.

- [19] 王嘉佳,唐中华. 可溶性糖对植物生长发育调控作用的研究进展[J]. 植物学研究, 2014, 3(3): 71-76.
- [20] 马检,樊卫国. 不同配比的硝态氮和铵态氮对枇杷实生苗氮素吸收动力学及生长的影响[J]. 中国农业科学, 2016, 49(6): 1 152-1 162.
- [21] 单长卷,付远志,彭贝贝. 盐胁迫下谷胱甘肽对玉米幼苗根系抗氧化能力的影响[J]. 灌溉排水学报, 2015, 34(10): 56-59.
- [22] 廖岩,彭友贵,陈桂珠. 植物耐盐性机理研究进展[J]. 生态学报, 2015(5): 407-419.
- [23] 郑军,曹福亮,郁万文. 不同氮素形态及配比对生育后期银杏叶品质的影响[J]. 浙江农林大学学报, 2007, 24(5): 564-568.
- [24] 刘忠,王朝辉,李生秀. 菠菜叶片硝态氮还原对叶柄硝态氮含量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(2): 313-317.
- [25] 王康,沈荣开,王富庆. 冬小麦生长及根系吸氮的动态模拟研究[J]. 灌溉排水学报, 2002, 21(1): 6-10.
- [26] 黄明,段有强,李友军,等. 不同氮素形态对比对冬小麦氮素积累和利用的影响[J]. 水土保持学报, 2013, 27(6): 290-293.
- [27] 曹翠玲,李生秀,张占平. 氮素形态对小麦生长中后期保护酶等生理特性的影响[J]. 土壤通报, 2003, 34(4): 295-298.
- [28] 李合生. 现代植物生理学[M]. 北京:高等教育出版社, 2012: 102-106.
- [29] 许兴,李树华,惠红霞,等. NaCl胁迫对小麦幼苗生长、叶绿素含量及Na⁺、K⁺吸收的影响[J]. 西北植物学报, 2002, 22(2): 278-284.
- [30] 唐晓清,肖云华,赵雪玲,等. 不同氮素形态及其比例对菘蓝生物学特性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20(1): 129-138.
- [31] 曹翠玲,李生秀. 氮素形态对小麦中后期的生理效应[J]. 作物学报, 2003, 29(2): 258-262.
- [32] 胡立勇,丁艳锋. 作物栽培学[M]. 北京:高等教育社, 2008: 35-84.
- [33] 郑延海,蒋高明. 外源硝酸钾对小麦氯化钠胁迫缓解机理的研究进展[J]. 科学通报, 2008, 53(24): 3 140-3 140.
- [34] CHARTZOULAKIS K, KLAPAKI G. Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages[J]. Scientia Horticulturae, 2000, 86(3): 247-260.
- [35] 王磊,隆小华,孟宪法,等. 不同形态氮素对比对盐胁迫下菊芋幼苗生理的影响[J]. 生态学杂志, 2011, 30(2): 255-261.
- [36] 代建龙,董合忠,段留生. 盐分差异分布下不同形态氮素对棉苗生长及主要营养元素吸收的影响[J]. 中国农业大学学报, 2012, 17(4): 9-15.

Effects of the Ratio of Different Nitrogen Fertilizers on Growth of Winter Wheat Seedling in Saline Soil in the Yellow River Delta

WEN Pei^{1,2}, CHEN Xiaobing^{1*}, WANG Jiayu³, ZHANG Lele⁴, LIU Xincheng³,
ZHANG Libin⁵, SUN Haishuan⁶, QIN Song¹

(1. Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, Yantai 264003, China;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. China Agricultural University (Yantai), Yantai 264003, China; 4. Yantai University, Yantai 264003, China; 5. Dongying Institute of Scientific and Technical Information, Dongying 257091, China; 6. Shandong Huibang Agricultural Development Limited Company, Dongying 257091, China)

Abstract: 【Objective】 The aim of this paper was to investigate the effects of the ratio of different nitrogen fertilizers on growth of winter wheat seedling in saline soil in Yellow River Delta. 【Method】 Coastal saline soils at three salinities were studied: 0.9 g/kg (S1), 1.9 g/kg (S2) and 2.9 g/kg (S2). The response of wheat seedlings grown in pots filled with these soils to different combinations of NO₃⁻-N and NH₄⁺-N was investigated. We considered five NO₃⁻-N:NH₄⁺-N ratios: 100%:0 (N100A0), 75%:25% (N75A25), 5%:50% (N50A50), 25%:75% (N25A75), and 0:100% (N0A100). 【Result】 ① Nitrogen had a significant impact on the dry mass of the aboveground and underground, the dry mass of the aboveground and underground of winter wheat of N50A50 treatment was the largest. ② Under different salt levels, NO₃⁻-N:NH₄⁺-N was 75%:25%, which could promote chlorophyll content of winter wheat, the chlorophyll and soluble sugar content of winter wheat were increased significantly at N75A25 or N50A50 treatment. ③ The shoot and root dry weight and total nitrogen content of winter wheat at seedling stages were significantly increased at N50A50 treatment. 【Conclusion】 The optimal NO₃⁻-N and NH₄⁺-N ratio was 50%:50% and 75%:25% in terms of promoting nitrogen uptake by the plant and the accumulation of soluble sugar and chlorophyll, as well as the dry matter of the seedling.

Key words: nitrogen ratio; salinity stress; seedling stages; winter wheat

责任编辑:白芳芳