

董玉兵,董青君,纪力,等. 硝化抑制剂对水稻秧苗生长及土壤养分变化的影响[J]. 江苏农业科学,2023,51(4):58-64.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.04.009

硝化抑制剂对水稻秧苗生长及土壤养分变化的影响

董玉兵^{1,2}, 董青君¹, 纪力¹, 李卫红¹, 陈川¹, 庄春¹, 章安康¹

(1. 江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所,江苏淮安 223001; 2. 南京农业大学资源与环境科学学院,江苏南京 210095)

摘要:为解决传统育秧肥料后期供肥不足现象,通过 2 年的水稻育秧试验,探究不同用量硝化抑制剂(双氰胺, DCD)对水稻育秧肥料养分释放的影响。试验于 2019 年设 3 个处理:CK(不添加 DCD)、NI1(添加 0.05% DCD)、NI2(添加 0.1% DCD);2020 年额外增加 1 个处理:NI3(添加 0.2% DCD)。结果表明,与 CK 相比,NI1 处理和 NI2 处理总体提高了水稻育秧后期(28~35 d)秧苗素质(株高、叶龄、叶长、茎基宽);而 NI3 处理水稻秧苗素质则和 CK 无显著差异。添加硝化抑制剂可以明显提高水稻叶绿素含量(SPAD 值),随着育秧时间延长和硝化抑制剂用量增加,对 SPAD 值提升效果越明显。添加硝化抑制剂会减少水稻育秧前期(10 d)土壤铵态氮($\text{NH}_4^+ - \text{N}$)含量,但是会增加育秧后期(25~35 d)土壤 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量,并在育秧结束时显著提高土壤全氮含量。因此,添加硝化抑制剂在水稻育秧后期能够明显增加土壤氮素残留,低用量硝化抑制剂在一定程度上还可以提高水稻秧苗素质。但是,在实际应用中需要注意高用量硝化抑制剂对水稻秧苗素质的负面效果。

关键词:水稻育秧;硝化抑制剂;秧苗素质;养分变化;双氰胺

中图分类号:S511.06 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)04-0058-06

随着农业机械化种植方式的发展,机插秧技术已经成为我国水稻种植的主要栽培方式之一。相比于传统手工移栽,水稻机插秧技术在保证秧苗素质的同时极大地节省了劳动力。因此,在当前农村劳动力短缺的背景下,水稻机插秧技术已经逐渐替代了传统的手工移栽方式^[1-2]。而相比于直播稻种植,水稻机插秧技术可以显著提升秧苗素质,减少病虫害,促进水稻苗期生长,并有效解决轮作时间冲突,避免直播稻种植自生稻问题^[3-4]。因此,目前水稻种植方式仍然以机插秧为主。

随着农村土地流转的加速,水稻种植也由传统的家庭种植逐渐向大户、农场等大规模机械化方式转变。在以往家庭式的水稻机插秧育秧过程中,为保证秧苗快速生根、返青,水稻秧龄一般控制在 18~20 d^[5-6]。而随着水稻大规模种植的推广,水

稻育秧也不再具备传统家庭种植模式育秧精细化管理的条件。并且由于人力、物力投入的限制,对于大规模种植模式,把水稻机插秧工作控制在 2~3 d 完成也无法实现。因此,在水稻大规模种植模式下,为保障秧苗质量,水稻育秧期一般会延长到 25~30 d。但是,随着水稻育秧期的延长,水稻秧苗往往会出现后期缺肥现象,造成秧苗叶片发黄、长势较弱,成为水稻大壮苗育秧的一项限制因素^[7]。若前期增大施肥量,则会引起秧苗烧种烧芽,后期补肥虽然有一定的改善,但补肥不当则会出现烧苗、烧根、旺长、秧苗参差不齐、盘根不好等现象,而且造成肥料极大浪费,这无疑会增加育秧成本。因此,如何延长育秧肥料的养分释放时间,且又能保证肥料在水稻育秧期内充分释放成为研究水稻育秧缓控释肥的重要突破点。因此,本试验以水稻机插秧专用肥——育秧绿为对象,通过添加不同比例的硝化抑制剂,旨在研究硝化抑制剂对水稻机插秧专用肥的养分释放以及水稻秧苗生长的影响。

1 材料与方法

1.1 试验概况

试验分别于 2019 年和 2020 年在江苏省淮安市清江浦区黄码镇杨庙村秧田内进行,供试水稻品种为南粳 9108(NanJing 9108)。水稻播种前使用江苏

收稿日期:2022-05-17

基金项目:江苏省重点研发(现代农业)重点及面上项目(编号:BE2019334);淮安市农业科学研究院科研发展基金(编号: HNY201914、HNY202015)。

作者简介:董玉兵(1992—),男,山东济宁人,博士研究生,助理研究员,主要从事土壤肥料方面的研究。E-mail: dongyubing178@163.com。

通信作者:陈川,研究员,主要从事作物栽培和土壤肥料方面的研究。E-mail: chenchuan3174@sina.com。

徐淮地区淮阴农业科学研究所生产的咪鲜·甲霜灵拌种剂,按照药种比 1:100 拌种。秧盘选用常规 28 cm×58 cm 的硬盘,装盘前先用酒精燃烧法^[8]测定育秧土的含水量,然后称取 24 kg 土壤(相当于干土质量)与相应的试验肥料混匀,随后将混匀的土装入秧盘,每盘称取 3 kg 土壤(相当于干土质量)铺盘,用播种器播种 120 g 水稻种,然后覆盖 1 kg 土壤(相当于干土质量)。2 年试验分别于 2019 年 6 月 14 日落谷,暗化 4 d,6 月 18 日将秧盘平铺于露天秧田;2020 年 5 月 26 日落谷,暗化 4 d,5 月 30 日将秧盘平铺于露天秧田。

1.2 试验处理

试验于 2019 年设置 3 个处理,分别为 CK(每盘 20 g 育秧绿)、NI1 处理(每盘 20 g 育秧绿+0.05% 硝化抑制剂)、NI2 处理(每盘 20 g 育秧绿+0.1% 硝化抑制剂),并初步取得较好的试验结果;因此,2020 年进行了重复试验,并在原有基础上增加了 NI3 处理(每盘 20 g 育秧绿+0.2% 硝化抑制剂),以探究增加硝化抑制剂用量对秧苗素质及养分变化的影响。每个处理育 6 盘秧苗。试验用硝化抑制剂为双氰胺(DCD, $C_2H_4N_4$),试验用机插秧专用肥为淮安市农业科学研究院生产的育秧绿,养分含量为氮 12%(以 N 计)、磷 7%(以 P_2O_5 计)、钾 6%(以 K_2O 计),氮磷钾养分类型分别为硫酸铵、磷酸一铵和氯化钾。为研究硝化抑制剂对肥料养分释放以及秧苗后期生长的影响,试验秧苗秧龄由 28 d 延长到 35 d。其余田间管理措施按照当地秧田常规管理,育秧期间 1~2 d 喷灌 1 次,使秧盘一直处于湿润状态。

1.3 试验方法

2019 年分别于 18、23、28、35 d 测定秧苗素质;2020 年分别于 15、20、25、30、35 d 测定秧苗素质。测定当天早晨,选取长势均匀一致的秧盘秧苗切取 10 cm×10 cm 方块,带回实验室先用清水冲洗根部泥土并立即测定相关指标。(1)成苗率测定:剔除弱苗死苗(叶片数不足正常秧苗 1/2),记录苗数,计算成苗率。成苗率=苗数/种子数×100%。(2)秧苗素质测定:取回的秧苗中选取 20 株代表性植株,分别测定叶龄、株高、茎基宽、叶鞘高和叶长。根据秧苗叶片展开程度,记录叶龄;株高为茎基部至最长叶高度;茎基宽测定:取 20 株植株减去根部,以茎基部一字排列测定长度;叶鞘高为茎基部至该叶叶鞘位置长度;叶长为该叶叶鞘至叶尖长度。

(3)生物量测定:将所有秧苗分为地上部和地下部放置于烘箱,以 90 ℃ 杀青 2 h,然后将温度调至 60 ℃ 烘干至恒质量,称量植株生物量。(4)叶绿素 SPAD 值测定:在每次采样时,用叶绿素仪(KONICA SPAD 502 PLUS)测量植株 SPAD 值,每个处理选取 3 盘,每盘选取 10 株,均选取倒 2 叶中部位置测量。(5)土壤中全氮含量测定:在最后一次采样时取土壤样品,土壤全氮含量采用 H_2SO_4 消煮凯氏定氮仪测定^[8]。(6)土壤样品 NH_4^+-N 含量测定:2020 年分别于 10、15、20、25、30、35 d 取土壤样品测定,土壤 NH_4^+-N 含量采用 KCl 浸提-靛酚蓝比色法^[8]测定。

1.4 数据处理和分析

采用 Excel 2010 软件进行数据计算;采用 Origin Lab 软件进行作图。采用 SPSS 25.0 软件进行方差分析及多重比较(SNK 法, $\alpha=0.05$)。

2 结果与分析

2.1 秧苗素质

2.1.1 硝化抑制剂对秧苗叶龄和株高的影响 从表 1 可以看出,随着时间的推移,秧苗的叶龄和株高逐渐增加。2019 年 NI2 处理在不同时间段秧苗的叶龄和株高均为最高值,NI1 处理和 CK 在 28 d 秧龄期以外的秧苗叶龄上差异不显著,而在 28 d 和 35 d,NI1 处理秧苗株高显著高于 CK。2020 年 NI2 处理相比于 CK 和 NI1 处理秧苗叶龄和株高并未表现出明显优势,仅 25 d 的秧苗叶龄显著高于 CK。NI3 处理 20~35 d 秧龄期的叶龄明显低于 NI1 和 NI2 处理,25~35 d 秧龄期的株高明显低于 NI2 处理,但差异不显著。

2.1.2 硝化抑制剂对秧苗叶长的影响 由图 1 可知,随着时间推移,秧苗叶长逐渐增加。2019 年 18 d 秧龄期 NI2 处理已经出现第 4 叶,而 CK 和 NI1 处理仅有 3 叶,23 d 时 CK 和 NI1 处理才普遍长出第 4 叶;28 d 秧龄期 NI2 处理已出现第 5 叶,而 CK 和 NI1 处理仅有 4 叶,至 35 d 时 CK 和 NI1 处理才普遍长出第 5 叶;不同秧龄期最大叶叶长表现为 NI2 处理最高(35 d 秧龄期除外)。2020 年不同处理之间叶片总体表现为同步生长,叶片发育没有明显的滞后效应;最长叶叶长总体表现为 NI2 处理最高。

2.1.3 硝化抑制剂对秧苗成苗率和茎基宽的影响

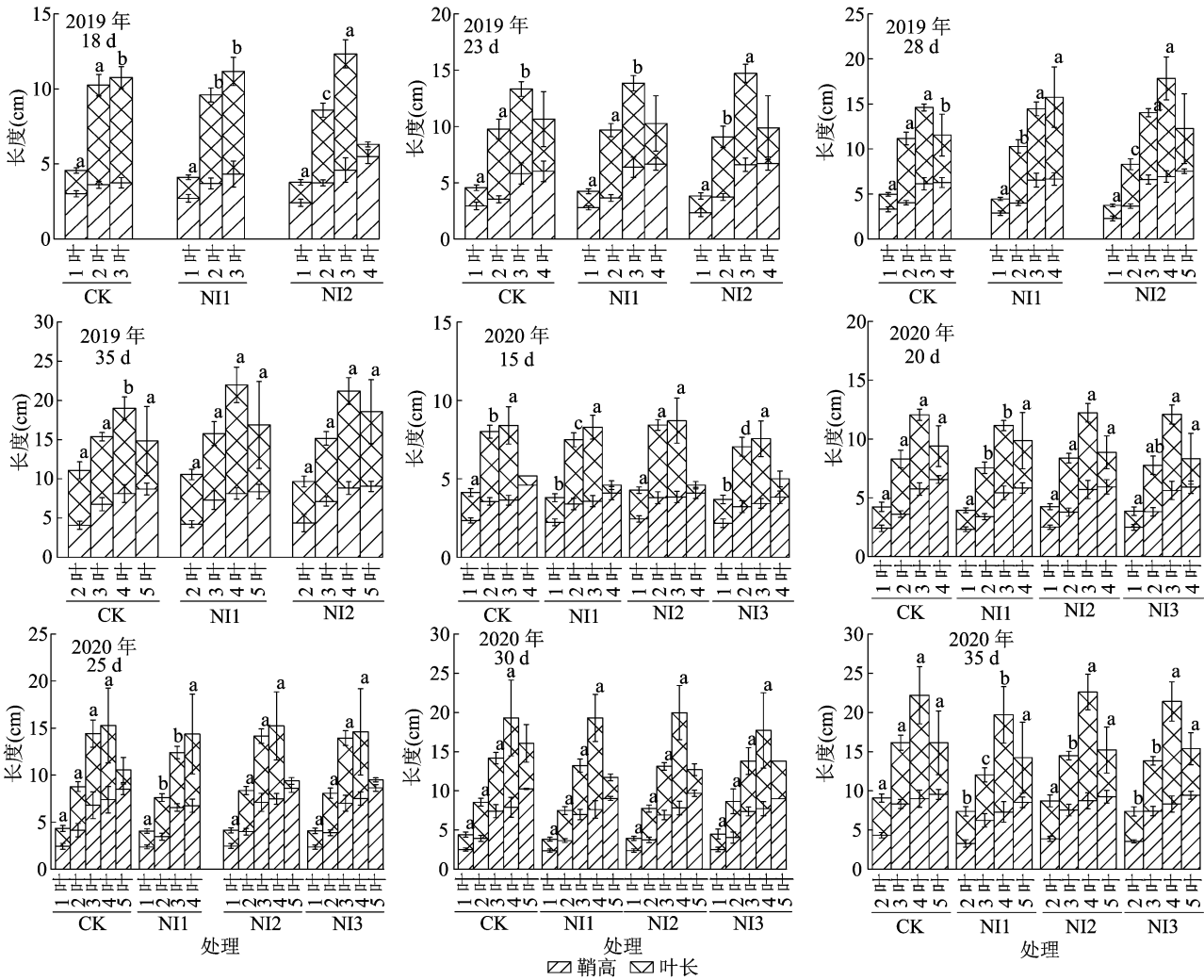
从表 2 可以看出,随着时间推移,秧苗成苗率逐渐下降。2019 年 18~28 d 秧龄期 3 个处理秧苗成苗

表 1 2019 年和 2020 年不同处理秧苗叶龄、株高变化

处理	叶龄								
	2019 年				2020 年				
	18 d	23 d	28 d	35 d	15 d	20 d	25 d	30 d	35 d
CK	2.96 ± 0.08a	3.38 ± 0.37a	3.48 ± 0.34c	4.44 ± 0.36a	2.90 ± 0.16a	3.32 ± 0.33a	3.40 ± 0.51b	3.78 ± 0.47a	4.10 ± 0.33a
NI1	2.95 ± 0.13a	3.26 ± 0.35a	3.74 ± 0.36b	4.40 ± 0.38a	2.95 ± 0.12a	3.31 ± 0.42a	3.75 ± 0.39a	3.99 ± 0.25a	4.14 ± 0.34a
NI2	3.02 ± 0.04a	3.44 ± 0.31a	4.01 ± 0.31a	4.55 ± 0.35a	2.93 ± 0.20a	3.36 ± 0.15a	3.76 ± 0.33a	3.98 ± 0.26a	4.23 ± 0.29a
NI3					2.93 ± 0.23a	3.22 ± 0.31b	3.56 ± 0.45ab	3.96 ± 0.40a	4.09 ± 0.17a

处理	株高 (cm)								
	2019 年				2020 年				
	18 d	23 d	28 d	35 d	15 d	20 d	25 d	30 d	35 d
CK	11.08 ± 0.67b	13.55 ± 1.28b	14.91 ± 1.36b	19.25 ± 2.05b	8.82 ± 0.89ab	12.56 ± 0.65a	15.67 ± 3.37a	18.60 ± 5.14a	22.65 ± 4.71a
NI1	11.53 ± 1.23b	13.95 ± 1.32b	16.90 ± 2.87a	21.44 ± 2.44a	8.47 ± 0.76bc	11.26 ± 0.87c	15.21 ± 3.35a	19.12 ± 3.83a	21.82 ± 4.41a
NI2	12.34 ± 1.24a	14.82 ± 1.09a	18.38 ± 2.73a	22.44 ± 2.85a	9.18 ± 0.96a	11.62 ± 1.13bc	15.86 ± 2.97a	19.30 ± 3.28a	22.69 ± 3.14a
NI3					7.96 ± 0.86d	12.12 ± 1.30ab	15.57 ± 3.36a	18.17 ± 0.40a	21.40 ± 3.31a

注: 同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著 ($n=20, P<0.05$)。下表同。



同一时期同一叶片柱上不同字母表示处理间叶鞘+叶长之和差异显著 ($P<0.05$)

图1 不同处理秧苗叶长变化

率差异并不明显,总体为 NI2 处理最高,35 d 秧龄期秧苗成苗率比 28 d 明显下降,平均下降 3.88 百分点,其中 CK 降幅最大。2020 年整个育秧期 NI2 处理成苗率均高于其他处理;在秧苗生长前期(15 ~ 20 d),NI3 处理秧苗成苗率明显低于其他处理,而秧苗后期(25 ~ 35 d)NI3 处理秧苗成苗率与 NI1 处

理和 CK 已无明显差异。秧苗茎基宽随着时间推移逐渐增加。2019 年 NI2 处理秧苗茎基宽明显高于 NI1 处理和 CK,而 NI1 处理和 CK 之间没有差异。2020 年整个育秧期秧苗茎基宽除 25 d 外也均以 NI2 处理最高,在 25 ~ 30 d 期间 NI1 处理和 NI3 处理秧苗茎基宽也都高于 CK。

表 2 2019 年和 2020 年不同处理秧苗成苗率、茎基宽变化

处理	成苗率(%)										茎基宽(cm)									
	2019 年					2020 年					2019 年					2020 年				
	18 d	23 d	28 d	35 d	15 d	20 d	25 d	30 d	35 d	18 d	23 d	28 d	35 d	15 d	20 d	25 d	30 d	35 d		
CK	65.39	63.79	60.36	54.28	68.92	65.28	63.33	59.64	57.71	0.19	0.20	0.20	0.21	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25		
NI1	66.44	63.20	59.91	56.95	70.80	65.80	63.07	58.63	58.39	0.19	0.20	0.20	0.21	0.22	0.22	0.25	0.25	0.25		
NI2	67.12	64.23	60.52	57.95	72.96	71.21	65.92	61.67	59.47	0.20	0.21	0.23	0.23	0.24	0.23	0.24	0.27	0.27		
NI3					65.72	62.11	63.60	58.24	58.79					0.22	0.24	0.24	0.25	0.25		

2.1.4 硝化抑制剂对秧苗生物量的影响 从表 3 可以看出,随着时间推移秧苗生物量逐渐增加。2019 年整个育秧期 NI2 处理秧苗生物量均为最高,地上部和地下部生物量与 NI1 处理相比,平均提高

4.88% 和 9.36%,与 CK 相比平均提高 12.29% 和 9.77%。同样,2020 年整个育秧期生物量也是 NI2 处理最高,另外 3 个处理在不同秧龄期地上部和地下部生物量互有高低,整体没有明显差异。

表 3 2019 年和 2020 年不同处理秧苗生物量变化

处理	地上部生物量(g/百株)										地下部生物量(g/百株)									
	2019 年					2020 年					2019 年					2020 年				
	18 d	23 d	28 d	35 d	15 d	20 d	25 d	30 d	35 d	18 d	23 d	28 d	35 d	15 d	20 d	25 d	30 d	35 d		
CK	1.28	1.55	1.70	1.98	1.13	1.39	1.50	1.82	2.38	0.46	0.60	0.74	0.86	0.66	0.76	0.82	1.06	1.28		
NI1	1.36	1.66	1.83	2.12	1.00	1.25	1.68	1.99	2.32	0.43	0.61	0.79	0.84	0.64	0.69	0.86	1.11	1.14		
NI2	1.42	1.74	1.91	2.24	1.17	1.41	1.64	2.06	2.53	0.49	0.65	0.80	0.98	0.68	0.76	0.93	1.21	1.36		
NI3					1.01	1.26	1.54	1.88	2.33					0.62	0.72	0.92	1.01	1.10		

2.1.5 硝化抑制剂对叶片 SPAD 值的影响 由图 2 可知,在不同秧龄期叶片 SPAD 值变化明显。2019 年 3 个处理在 18 ~ 35 d SPAD 值逐渐下降。2020 年叶片 SPAD 值先升高再降低,20 d 秧龄期时叶片 SPAD 值最高。2019 年不同处理之间表现为 NI2 处理叶片 SPAD 平均值最高;在育秧前期(18 d)CK 高

于 NI1 处理,而育秧后期(28 ~ 35 d)NI1 处理叶片 SPAD 值则高于 CK。2020 年添加硝化抑制剂处理(NI1、NI2 和 NI3)在育秧后期(30 ~ 35 d)叶片 SPAD 值都高于 CK,其中 NI2 和 NI3 处理增加尤为明显。

2.2 土壤养分指标

2.2.1 土壤NH₄⁺ - N含量动态变化 对2020年

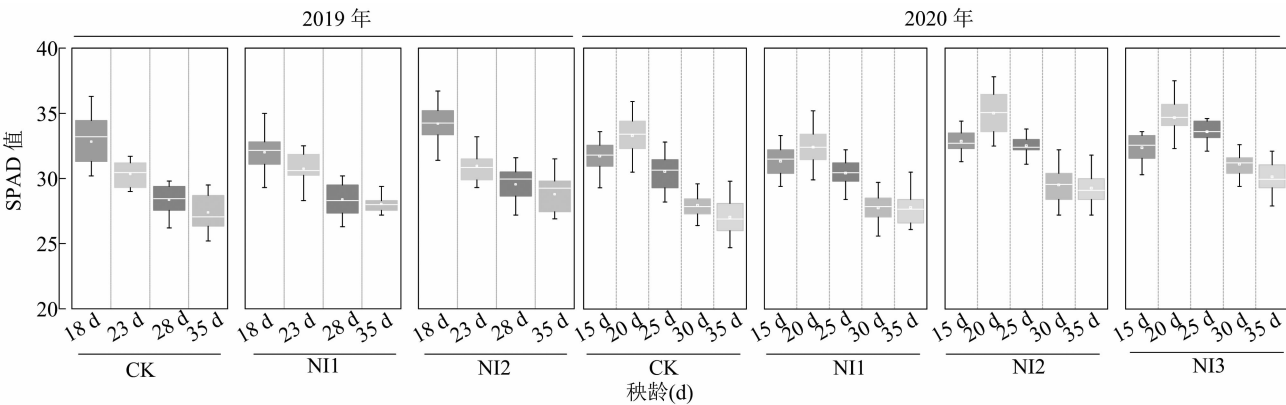


图2 不同处理叶片 SPAD 值变化

土壤样品进行分析后发现(图3),随着时间推移,土壤 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量逐渐降低。CK 在 10 d 秧龄期的土壤 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量最高,随后逐渐下降且下降速度最快,在 25 ~ 35 d 秧龄期 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量已降至最低。在添加硝化抑制剂处理中,NI3 处理 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量在整个育秧期均为最高,NI1 处理 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量除了 25 d 均为最低,NI2 处理土壤 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量介于 NI1 处理和 NI3 处理之间。

2.2.2 土壤全氮含量变化 由图4可知,添加育秧肥料处理显著提高了土壤全氮含量。2019 年和 2020 年,土壤全氮含量变化具有相似规律,施用硝化抑制剂处理在育秧结束时土壤全氮含量均高于 CK,且随着硝化抑制剂施用量增加,土壤全氮含量也逐渐增加。但2019年添加消化抑制剂处理之间

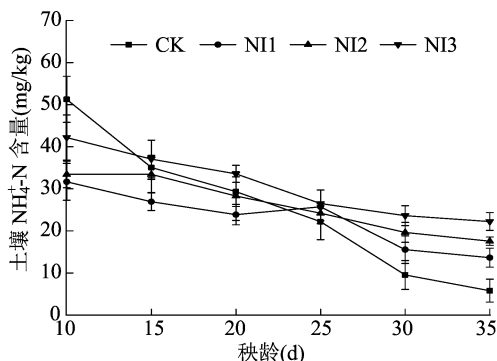
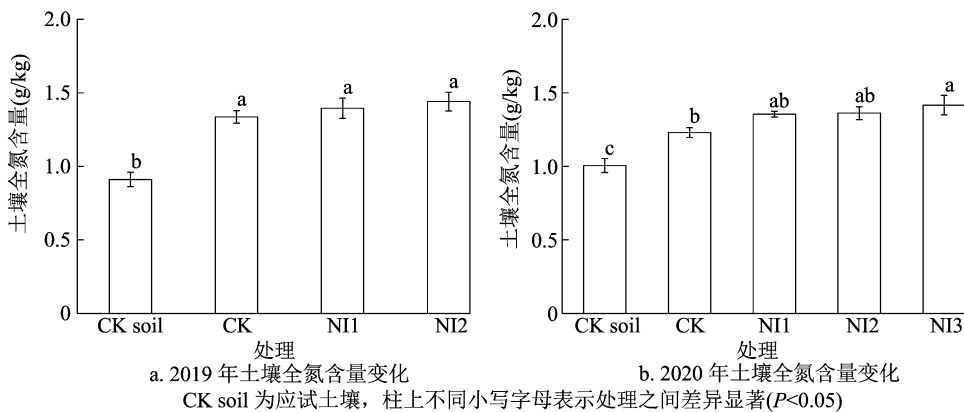


图3 2020 年不同处理土壤 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量动态变化

土壤全氮含量差异不显著;2020 年 NI3 处理全氮含量显著高于 CK,但与 NI2 和 NI1 处理差异不显著,而 NI1 处理、NI2 处理和 CK 之间土壤全氮含量差异不显著。



a. 2019 年土壤全氮含量变化

b. 2020 年土壤全氮含量变化

CK soil 为应试土壤,柱上不同小写字母表示处理之间差异显著($P < 0.05$)

图4 不同处理土壤全氮含量变化

3 讨论

3.1 添加硝化抑制剂对水稻秧苗素质的影响

连续 2 年的育秧试验结果显示,不同用量硝化抑制剂对水稻秧苗素质影响具有相似的规律。当硝化抑制剂用量低于 0.1% 时,随着硝化抑制剂用量增加,在一定程度上促进了水稻秧苗素质(株高、叶长、叶龄、生物量、SPAD 值等)。现有的研究中,虽然还未有人将硝化抑制剂直接应用于水稻育秧试验;但是在大田试验中大量研究表明,硝化抑制剂可以促进作物生长^[9-10],这与本研究有相同的结论。主要是因为硝化抑制剂可以降低土壤中的硝化作用,减少土壤 NH_4^+ 离子向 NO_3^- 离子的转化^[11-12]。本研究中水稻育秧专用肥中的氮元素以铵盐的形式存在,应用硝化抑制剂可以增加 NH_4^+ 在土壤中的存留时间(图3);并且水稻是喜铵作物,增加土壤 NH_4^+ 离子停留时间可以促进水稻对养分

的吸收,进而促进水稻秧苗生长^[13]。

随着硝化抑制剂用量的增加,硝化抑制剂对水稻秧苗生长并未呈现同步效应。本研究发现,第 2 年增加了 0.2% 的硝化抑制剂用量处理(NI3)并未提高水稻秧苗素质,相比于 NI2 处理,反而降低了秧苗素质,这与很多大田试验促进作物生产力的结果并不一致。Abalos 等通过 Meta 分析发现,相比于常规施用氮肥处理,应用硝化抑制剂平均提高了 7.9% 的作物产量^[14]。Li 等同样发现,施用硝化抑制剂可以显著提高菜地 7.1% ~ 49.5% 的产量^[15]。然而,很少有研究出现硝化抑制剂影响作物生长的结果。Macadam 等在草地施用硝化抑制剂的试验中发现,双氰胺会对三叶草产生一定的毒害作用,降低 18% ~ 36% 的产量^[16]。本研究中随着硝化抑制剂用量的增加,水稻秧苗素质出现了负效应。这可能是因为水稻育秧单位面积种植密度大,是大田的数百倍之多,并且水稻苗期秧苗素质较弱,对化学

品投入比较敏感,硝化抑制剂在秧盘可直接作用于水稻秧苗根系,影响秧苗生长。在大田试验中,土壤作为植物生长的载体,具有非常好的缓冲性能,硝化抑制剂应用到大田中并不会直接接触根系,而是作用于土壤和土壤微生物,可以抑制硝化相关微生物,进而抑制硝化作用^[17]。本研究中硝化抑制剂用量增加,虽然对水稻秧苗素质产生了不利影响,但并未产生毒害作用。由于 NI3 处理增加了水稻育秧后期(25~35 d)土壤 NH_4^+ 离子停留时间(图 3),在此阶段同样也提高了水稻秧苗的叶绿素含量(SPAD 值,图 2)。因此,在水稻育秧试验中,使用硝化抑制剂减缓养分释放应特别注意硝化抑制剂用量增加对水稻秧苗的负效应。

3.2 添加硝化抑制剂对土壤养分释放的影响

在本研究中,应用硝化抑制剂能够显著增加土壤全氮含量(图 4)。这说明硝化抑制剂能够减缓水稻育秧期间养分损失,增加土壤氮素残留,与很多大田试验具有相似的规律^[18]。硝化抑制剂可以抑制土壤硝化作用,增加 NH_4^+ 离子在土壤中的停留时间,增加土壤对 NH_4^+ 离子的吸附^[19]。此外,水稻秧苗对水分比较敏感,在育秧期间需要频繁地灌排水,应用硝化抑制剂可以降低 NH_4^+ 离子向 NO_3^- 离子的转化,进而减少 NO_3^- 随水流失,增加土壤氮的累积。本研究在 2020 年测得的土壤 NH_4^+ 离子含量表明,硝化抑制剂增加了土壤 NH_4^+ - N 残留时间。然而,在育秧前期 CK 土壤 NH_4^+ 含量反而最高。这可能是因为,在育秧前期,应用硝化抑制剂处理水稻秧苗发育较快(表 2),增加了秧苗对 NH_4^+ 的吸收;另外也可能是硝化抑制剂处理在育秧前期增加了 NH_3 挥发损失。在很多大田试验中已经被证实,施用硝化抑制剂具有增加土壤 NH_3 挥发损失的风险^[9,20]。在育秧中后期,随着水稻秧苗生长,叶片覆盖秧盘之后,可以降低 NH_3 挥发损失^[21],此时硝化是 NH_4^+ 转化的主要途径之一,硝化抑制剂降低了硝化作用,使得育秧后期土壤 NH_4^+ 离子下降速度明显低于 CK。虽然硝化抑制剂处理在前期降低了土壤 NH_4^+ 离子浓度,但是在育秧中后期可以减少 NH_4^+ 硝化损失,增加土壤氮素残留。

4 结论

在本试验中,应用硝化抑制剂可以明显提高水稻秧苗素质(叶龄、株高、叶长、生物量等)。当硝化抑制剂用量低于 0.1% 时,随着硝化抑制剂用量增

加水稻秧苗素质显著提高。当硝化抑制剂用量为 0.2% 时,水稻秧苗素质并未同步增加。应用硝化抑制剂会显著增加育秧后期水稻秧苗叶绿素含量(SPAD 值),随着硝化抑制剂用量增加效果更佳。应用硝化抑制剂在育秧前期虽然降低了土壤 NH_4^+ 含量,在育秧后期(25~35 d)增加了土壤 NH_4^+ 离子残留,提高了土壤氮素含量。在水稻育秧试验中,使用硝化抑制剂减缓养分释放时,应注意硝化抑制剂用量增加对水稻秧苗的负效应。

参考文献:

- [1]董玉兵,庄春,纪力,等. 机插水稻漂浮育秧对不同水体水质的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(16):96-99.
- [2]纪力,董玉兵,钟平,等. 育苗基质对漂浮育秧机插水稻南粳 9108 秧苗素质的影响[J]. 浙江农业科学,2020,61(4):630-632,634.
- [3]张桥,向开宏,孙永健,等. 不同育秧方式下播种量和插秧机具对水稻产量及群体质量的影响[J]. 核农学报,2020,34(11):2595-2606.
- [4]陈川,张山泉,庄春,等. 水稻机插早育秧与水稻秧苗素质的比较研究[J]. 江苏农业科学,2003,31(6):27-29.
- [5]邵文奇,纪力,钟平,等. 不同施肥时期对水稻机插秧苗素质的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(5):81-83.
- [6]刘玖业. 不同育秧方式对水稻机插秧苗素质的影响[J]. 现代农业科技,2020(9):16-17.
- [7]庄春,纪力,邵文奇,等. 印刷播种大壮苗育秧技术下水稻机插适宜密度与效果研究[J]. 江苏农业科学,2019,47(7):69-72.
- [8]鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京:中国农业出版社,2000.
- [9]Fan C H, Li B, Xiong Z Q. Nitrification inhibitors mitigated reactive gaseous nitrogen intensity in intensive vegetable soils from China[J]. The Science of the Total Environment, 2018, 612:480-489.
- [10]Hu Y, Schraml M, Tucher S, et al. Influence of nitrification inhibitors on yields of arable crops: a meta-analysis of recent studies in Germany[J]. International Journal of Plant Production. 2013, 8:33-50.
- [11]Fan C H, Zhang W, Chen X, et al. Residual effects of four-year amendments of organic material on N_2O production driven by ammonia-oxidizing Archaea and bacteria in a tropical vegetable soil[J]. Science of the Total Environment, 2021, 781:146746.
- [12]油伦成,李东坡,崔磊,等. 不同硝化抑制剂组合对铵态氮在黑土和褐土中转化的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2019,25(12):2113-2121.
- [13]董玉兵,吴震,李博,等. 追施生物炭对稻麦轮作中麦季氮挥发和氮肥利用率的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2017,23(5):1258-1267.
- [14]Abalos D, Jeffery S, Sanz-Cobena A, et al. Meta-analysis of the effect of urease and nitrification inhibitors on crop productivity and nitrogen use efficiency [J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2014, 189:136-144.

张广旭,王康君,郭明明,等. 基于不同播期的小麦籽粒性状综合分析[J]. 江苏农业科学,2023,51(4):64-70.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.04.010

基于不同播期的小麦籽粒性状综合分析

张广旭,王康君,郭明明,谭一罗,孙中伟,樊继伟

(江苏徐淮地区连云港农业科学研究所/连云港市农业科学院,江苏连云港 222000)

摘要:为进一步明确小麦籽粒性状与播期的关系,选育适播期广的小麦新品种,为江苏淮北麦区生产提供保障。本研究以新培育的 155 份小麦新品系为供试材料,设置 10 月 18 日(S1)、11 月 05 日(S2)、11 月 22 日(S3)、12 月 1 日(S4)4 个播期,考查成熟期籽粒的千粒质量、面积、周长、粒长、粒宽、长宽比、直径和圆度 8 个性状,利用获得性状值进行统计分析、相关性分析、聚类分析(最长距离法聚类分析)和主成分分析,对供试材料进行综合评价。结果表明,随着播期推迟,小麦千粒质量呈下降趋势,不同品系间亦有差异;千粒质量与除长宽比外的其他几个性状均呈正相关,长宽比与粒宽、圆度呈负相关;通过聚类分析将供试材料聚为 V 类,类群 I 到类群 V 的千粒质量均值逐级升高;通过主成分分析将籽粒性状分为 2 个主成分,共可解释 93.91% 的性状信息。通过综合分析 4 个播期的小麦籽粒性状,筛选出 LM20080、LM20070、LM20069 等 10 个在不同播期条件下籽粒性状稳定的新品系,为江苏淮北麦区小麦生产提供了技术支撑。

关键词:小麦;籽粒性状;不同播期;聚类分析;主成分分析;相关性分析

中图分类号:S512.104 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)04-0064-07

小麦是世界上种植面积最大的农作物(<http://faostat.fao.org>),是最重要的粮食作物之一。小麦育种重要目标是高产和优质,这也是满足人口快速增长和提高生活水平的需要^[1]。据估计,未来全球产量必须以每年 1% 的速度增长才能满足人口增长及

气候变化等一系列的挑战,因此,提高小麦产量仍是保障各国乃至世界粮食安全小麦育种计划的首要任务^[2]。小麦产量形成因素主要由单位面积穗数、穗粒数及千粒质量构成,千粒质量具有较高的遗传力,遗传力为 59%~80%^[3]。千粒质量作为产量的关键组成部分,籽粒的灌浆充实程度直接影响其籽粒大小(粒长、粒宽、千粒质量等)。籽粒灌浆充实度,一部分受遗传控制,另外还与栽培措施和环境因素有关^[4]。江苏淮北麦区主要以玉米—小麦、水稻—小麦等种植制度为主,小麦播种期从 10 月上旬一直持续到 12 月上旬^[5]。大田生产上水稻晚收,导致小麦晚播(2021 年小麦播期比往年适播

收稿日期:2022-03-30

基金项目:江苏省重点研发计划(编号:BE2021310);连云港市财政专项(编号:QNJJ202002、QNJJ2101)。

作者简介:张广旭(1991—),男,山东曲阜人,硕士,助理研究员,主要从事小麦遗传育种研究。E-mail:291641995@qq.com。

通信作者:樊继伟,副研究员,主要从事小麦高产抗病育种研究。E-mail:fantrta@163.com。

[15] Li B, Fan C H, Xiong Z Q, et al. The combined effects of nitrification inhibitor and biochar incorporation on yield-scaled N₂O emissions from an intensively managed vegetable field in southeastern China[J]. Biogeosciences, 2015, 12: 2003-2017.

[16] Macadam X M B, Prado A D, Merino P, et al. Dicyandiamide and 3,4-dimethyl pyrazole phosphate decrease N₂O emissions from grassland but dicyandiamide produces deleterious effects in clover[J]. Journal of Plant Physiology, 2003, 160(12): 1517-1523.

[17] 郝胜磊,蔡廷瑶,冯小杰,等. 新型肥料对全球三大粮食作物产量和土壤生物学活性影响的 Meta 分析[J]. 植物营养与肥料学报, 2021, 27(9): 1496-1505.

[18] Dawar K, Rahman U, Alam S S, et al. Nitrification inhibitor and plant growth regulators improve wheat yield and nitrogen use efficiency[J]. Journal of Plant Growth Regulation, 2022, 41(1):

216-226.

[19] Zhang M, Fan C H, Li Q L, et al. A 2-yr field assessment of the effects of chemical and biological nitrification inhibitors on nitrous oxide emissions and nitrogen use efficiency in an intensively managed vegetable cropping system[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2015, 201: 43-50.

[20] Wu D, Zhang Y X, Dong G, et al. The importance of ammonia volatilization in estimating the efficacy of nitrification inhibitors to reduce N₂O emissions: a global meta-analysis[J]. Environmental Pollution, 2021, 271(2): 116365.

[21] Dong Y B, Wu Z, Zhang X, et al. Dynamic responses of ammonia volatilization to different rates of fresh and field-aged biochar in a rice-wheat rotation system[J]. Field Crops Research, 2019, 241: 107568.