

Soil Salinity, Nutrients and Winter Wheat Yields of Coastal Saline Soil under the Condition of Salt-Controlled Fertilizer Management Model

Xiaoyang Shang¹, Peng Zhao¹, Lanfang Wu², Fupeng Song¹, Yanhong Lou¹, Hui Wang¹, Yuping Zhuge^{1*}

¹National Engineering Laboratory for Efficient Utilization of Soil and Fertilizer Resources, National Engineering & Technology Research Center for Slow and Controlled Release Fertilizers, College of Resources and Environment, Shandong Agricultural University, Taian Shandong

²Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing
Email: shangxiaoyang2012@126.com, *zhugeyp@sdau.edu.cn

Received: Jul. 5th, 2017; accepted: Jul. 21st, 2017; published: Jul. 24th, 2017

Abstract

Using the method of field experiment, this study compared the amounts of soil nutrients, soil salinity and crop yields in Binhai saline-alkali soil under two kinds of salt-controlled fertilizer management models. The results showed that compared with the farmer's practice model (chemical N-P₂O₅-K₂O: 274.2-345-0 kg/hm²), the normal chemical fertilizer + organic fertilizer model (chemical N-P₂O₅-K₂O: 278.4-98.55-180 kg/hm², organic fertilizer 3600 kg/hm²) reduced the water-soluble salt content of seedling period by 16.5%, and increased the amounts of available N and K by 3.8% and 15.7% respectively in the whole growth period. There was no significant change in soil available P content under the condition of decreasing the amount of P fertilizer application. The winter wheat yields increased 29.03%. Compared with farmer's practice model, the reduced chemical fertilizer + increased organic fertilizer model (chemical N-P₂O₅-K₂O: 185.6-65.7-120 kg/hm², organic fertilizer 7200 kg/hm²) could significantly ($P < 0.05$) reduce the amounts of water soluble salt (the period of seedling establishment decreased 18.3%, average decreased 12.6%) but maintain the amounts of soil available nutrient and winter wheat yields. Organic fertilizer application significantly decreased soil bulk density (the soil bulk density decreased 1.8%), increased the soil organic matter (SOM increased 5.8%), and reduced the loss of available P and K, indicating it is an effective measure to reduce soil salt and improve saline soil.

Keywords

Fertilizer Management Mode, Organic Fertilizer, Salinized soil, Soil Nutrient, Yield

*通讯作者。

控盐施肥对滨海中度盐渍土壤盐分、养分及冬小麦产量的影响

尚晓阳¹, 赵 鹏¹, 武兰芳², 宋付朋¹, 姜燕宏¹, 王 会¹, 诸葛玉平^{1*}

¹土肥资源高效利用国家工程实验室, 国家缓控释肥工程技术研究中心, 山东农业大学资源与环境学院, 山东 泰安

²中国科学院地理科学与资源研究所, 北京

Email: shangxiaoyang2012@126.com, zhugeyp@sdau.edu.cn

收稿日期: 2017年7月5日; 录用日期: 2017年7月21日; 发布日期: 2017年7月24日

摘 要

以田间试验方法研究了两种控盐施肥模式对滨海引黄灌区中度盐渍土土壤养分、盐分和作物产量的影响。结果表明, 常量化肥 + 有机肥模式(化肥N-P₂O₅-K₂O: 278.4-98.55-180 kg/hm², 有机肥3600 kg/hm²)与习惯施肥模式(化肥N-P₂O₅-K₂O: 274.2-345-0 kg/hm²)相比使返青期土壤水溶性盐分含量降低16.5%, 全生育期土壤碱解氮含量平均提高3.8%, 速效钾含量平均提高15.7%, 有效磷含量未出现明显降低, 冬小麦产量提高29.03%; 减量化肥 + 增量有机肥模式(化肥N-P₂O₅-K₂O: 185.6-65.7-120 kg/hm², 有机肥7200 kg/hm²)与习惯施肥模式相比, 能显著降低中度盐渍土中的水溶性盐含量(返青期可减少18.3%, 平均减少12.6%) ($P < 0.05$), 同时未造成土壤有效养分含量的降低和冬小麦产量的下降。施用有机肥能够有效降低中度盐渍土土壤容重(平均降低1.8%), 增加土壤有机质(平均增加5.8%), 减缓有效磷、速效钾损失, 是减少土壤盐分、改善土壤结构、改良滨海盐渍土的有效措施。

关键词

肥料运筹模式, 有机肥, 盐渍土, 土壤养分, 产量

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

滨海盐碱地由于土壤贫瘠, 盐分含量较高, 加上农民施肥不合理, 导致耕地的盐碱程度逐步加重, 不仅严重影响作物的产量和品质, 而且对农田、大气、水体等生态环境也造成了很大的负担[1]。山东省在 20 世纪 50 年代开始大规模改良利用滨海盐碱地的试验[2] [3] [4]。2012 年中科院李振声院士提出“渤海粮仓”计划, 旨在利用当地资源优势, 集合科学技术, 构建适度规模经营的现代农业生产技术体系, 大幅提升环渤海中低产田粮食增产能力[5]。

黄河三角洲地区作为重要的农业生产区, 同时也是典型的滨海盐碱地区, 引黄灌溉对发展该区农业生产和改善农业生态环境起到了重要作用, 但其产生的负面效应也是显著的: 大水漫灌导致地下水位居高不下, 潜水蒸发严重, 诱发下部盐分向表层聚集, 矿化度增大, 产生土壤次生盐渍化[6] [7]。近年来,

不少专家学者都已经认识到了控盐培肥对于改良盐碱地的重要作用,魏由庆[8]通过对黄淮海平原水盐均衡的分析,指出盐害无法根治,应当对其进行调控,强调利用施肥来调控土壤水盐。陈恩凤[9]也曾提出应用水肥结合的综合措施来改良盐碱地的观点。车军平等[10][11]研究指出,在滨海盐碱地施加复合肥料经过一段时间后,盐碱土中的碱解氮、速效钾、有效磷、有机质含量都有明显提高,刘国伟[12]研究表明施用生物有机肥一段时间后盐碱土的水溶性盐含量比对照处理下降 38.5%~57.7%。经调查,当地农民多习惯在浇“冻水”和“返青水”前按照 2/3、1/3 的比例底施和追施化肥,由于冬小麦在苗期到返青期作物生长缓慢,对肥料的吸收很少[13][14],而底施的大量化肥无疑会增加土壤中水溶性盐离子含量从而抑制作物出苗。同时,在引黄大水漫灌的灌溉模式下,大量浇灌“冻水”和“返青水”,基肥施用多会造成土壤中的养分则因养分更多地淋失,不仅造成了化肥的浪费,而且影响作物产量。

本试验以滨州沾化典型的滨海盐化潮土为研究对象,在明确当地传统耕种模式、灌溉制度和施肥运筹模式的基础上,针对传统施肥模式下中度盐渍土小麦种植过程中缺苗断垄严重、产量表现不理想这一问题,增施有机肥并调整和改进冬小麦化肥底追施的比例,通过两种不同肥料运筹模式对盐化潮土的养分、盐分以及冬小麦产量的影响进行研究,以期对滨海盐渍土引黄灌区施肥提供有益的指导。

2. 材料与方 法

2.1. 试验区基本概况

试验在山东省滨州市沾化县冯家镇李家村“渤海粮仓”示范区(37°48'08"N, 118°0'54"E)中度盐化潮土上进行,试验区年降水量为 600 mm,强烈蒸发期在春季和秋季,地下水矿化度为 6.86 g/L,年平均气温 11.5℃,无霜期 200 d 左右。土壤养分含量低、保水保肥性能差,土地瘠薄,受干旱威胁大。当地灌溉习惯为浇过冬水和返青水,分别于每年 11 月底和 3 月中旬进行引黄灌溉,灌溉方式为大水漫灌。

2.2. 供试材料

供试土壤:试验区土壤为滨海盐化潮土,全盐含量为 0.38%,土壤 pH 为 8.02,有机质含量为 15.30 g/kg,全氮含量 0.59 g/kg,碱解氮含量 47.45 mg/kg,有效磷含量 18.59 mg/kg,速效钾含量为 188.00 mg/kg。耕层(0~20 cm)土壤容重为 1.45 g/cm³。

供试肥料:氮肥为普通尿素(含 N 46.4%);磷肥为磷酸二铵(N-P₂O₅: 18%-46%);钾肥为硫酸钾(K₂O 51.0%);有机肥为“清巨人”牌有机肥料,有机质含量为 43.62%。

供试作物:小麦(*Triticumaestivum*),品种为小堰 60。

2.3. 试验方法

试验设四个处理,即 CK(不施肥)、NF(习惯施肥,化肥,2/3 基肥 + 1/3 追肥)、NF + NOM(常量有机肥 + 化肥,化肥分配为 1/2 基肥 + 1/2 追肥)、RF + IOM(增量有机肥 + 减量化肥,化肥分配为 1/2 基肥 + 1/2 追肥),每个处理三次重复。具体处理见表 1。基肥在冬小麦播种之前施用,追肥在冬小麦返青期施用,施肥方式均为撒施后进行灌溉,按照当地灌溉习惯,在小麦的生长期内进行越冬水、返青水、灌浆水三次灌溉。

土样的采集与测定:分别在小麦苗期、返青期、灌浆期、成熟期用五点法取耕层(0~20 cm)农化样,取回后风干、处理,待用。

2.4. 测定方法

土壤全盐用烘干残渣法(土水比 1:5);土壤全氮用半微量凯式定氮法;土壤有效磷用 0.5 mol/L NaHCO₃ 浸提钼蓝比色法;土壤速效钾用 NH₄OAC 浸提火焰光度法;土壤有机质用重铬酸钾容量法[15]。

Table 1. Details of winter wheat fertilizer management model**表 1.** 冬小麦肥料运筹模式试验处理

处理	代号	有机肥量 kg/hm ²	化肥量(N-P ₂ O ₅ -K ₂ O) kg/hm ²	化肥分配比例
				基肥:追肥
对照	CK	0	0	-
习惯施肥	NF	0	274.2-345-0	2:1
常量有机肥 + 化肥	NF + NOM	3600	278.4-98.55-180	1:1
增量有机肥 + 减量化肥	RF + IOM	7200	185.6-65.7-120	1:1

小麦产量的测定方法: 在小麦收获时, 以小区为单位, 在小区中间部位量取 1 m² 面积区域测定穗数; 随机抽取 100 穗调查穗粒数; 收获 1 m² 籽粒经自然风干, 测定籽粒含水量后, 折合成公顷产量, 并测定千粒重。

2.5. 数据处理与分析

数据分析采用 Excel 2013 和 SPSS16.0 软件, 采用方差分析(One-way ANOVA)比较不同处理间的差异, 显著性水平设为 $P < 0.05$ 。

3. 结果与分析

3.1. 不同控盐施肥模式对土壤容重的影响

试验区土壤初始容重为 1.446 g/cm³, 由图 1 是冬小麦成熟期土壤容重, 从图中可以看出, 对照处理在作物生长期土壤容重几乎没有变化, NF 处理在作物生长期土壤容重比对照增加了 0.58%, NF + NOM 处理土壤容重比对照减少了 0.90%, RF + IOM 处理土壤容重比对照减少了 1.5%, 与对照差异达显著水平。由此可以得知, 施用有机肥并减少化肥用量会有效降低土壤容重。

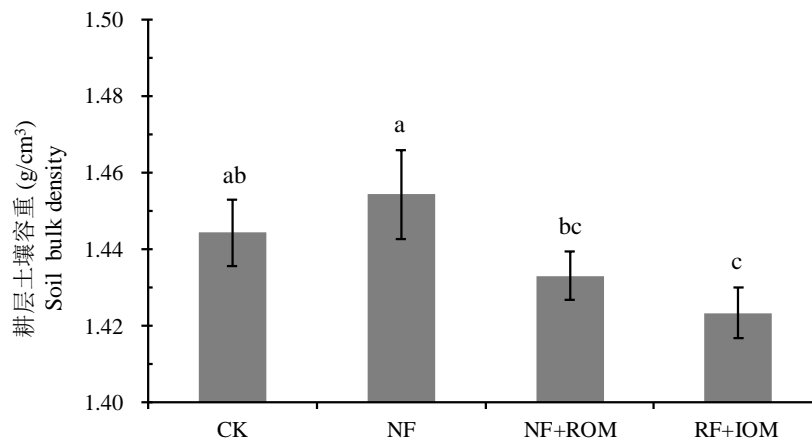
3.2. 不同控盐施肥模式对土壤有机质含量的影响

有机质是土壤的重要组成部分, 它不仅含有各种营养元素, 而且还是土壤微生物生命活动的能源, 可以改善土壤结构, 调节水、气、热等各种因素。由图 2 可以看出研究中施入有机肥处理的有机质含量均高于对照, 各处理在作物生长期变化趋势基本相同, RF + IOM 处理有机质含量比 NF 处理平均提高了 4.1%, 在成熟期提高 6.6%, NF + NOM 处理有机质含量比 NF 处理提高了 2.9%, 在成熟期提高 5.0%。

3.3. 不同控盐施肥模式对土壤全氮和碱解氮含量的影响

由图 3 可以看出, 土壤全氮含量在冬小麦生长不同时期有一定变化, 各施肥处理较对照都有一定程度提高。随着作物的生长, 不同处理土壤全氮的变化走势相似, 在返青期之前都呈缓慢下降趋势, 由于返青期的追肥, 除对照外的各处理在灌浆期全氮含量有所回升, 到成熟期又缓慢下降。对照处理随着作物的生长, 土壤中全氮含量呈缓慢下降趋势。在整个作物生长期 NF + NOM 处理土壤全氮含量最高, 其次是 NF 处理, 但差异并不显著。

由于碱解氮在短时间内可被植物吸收利用, 因此, 碱解氮能较好地反映出近期内土壤氮素供应状况和氮素释放的速率。由图 4 可见, NF 处理、NF + NOM 处理、RF + IOM 处理均能提高土壤中碱解氮的含量。CK 由于在生长过程中养分得不到补充, 碱解氮逐渐被消耗, 呈下降趋势, 其余处理的碱解氮含量由于返青期追肥的作用在灌浆期有所回升后继续下降, 灌浆期 NF + NOM 处理碱解氮含量高于 NF 处理和 RF + IOM 处理, 在返青期、灌浆期和成熟期分别比 NF 处理提高了 2.2%、3.4%、3.8%。NF 处理碱解



注：图中不同小写字母代表在 0.05 水平差异显著。

Figure 1. Soil bulk density at the mature stage of wheat under different treatments

图 1. 不同处理小麦成熟期耕层土壤容重

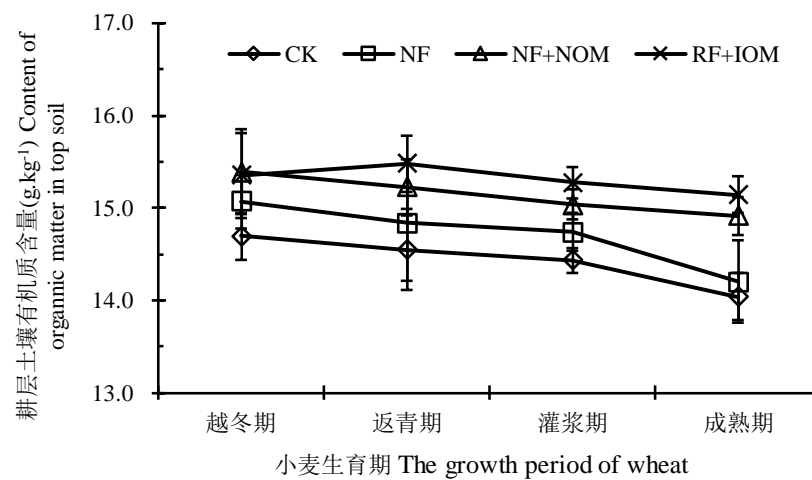


Figure 2. Soil organic matter content of top soil at different growth periods of wheat

图 2. 小麦各生育期耕层土壤有机质含量

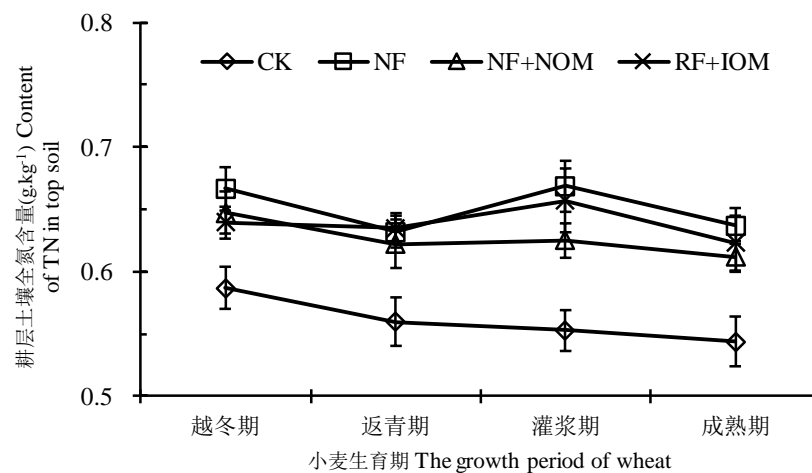


Figure 3. Total nitrogen content of top soil at different growth periods of wheat

图 3. 小麦各生育期耕层土壤全氮含量

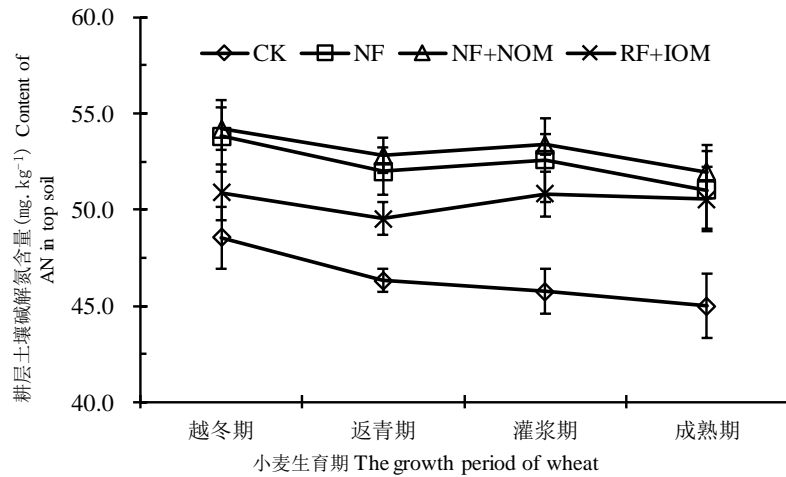


Figure 4. Available N (AN) content of top soil at different growth periods of wheat
图 4. 小麦各生育期耕层土壤碱解氮含量

氮在作物的生长期变化比较大，在灌浆期以后由于作物的吸收和雨水的淋洗下降速率比较快，在成熟期含量低于 NF + NOM 处理。RF + IOM 处理虽然氮肥施入量低于 NF 处理，但是到成熟期碱解氮含量差异并不显著，原因可能是有机肥的施入可以减缓土壤碱解氮的消耗。

3.4. 不同控盐施肥模式对土壤速效钾含量的影响

由图 5 可以看出，随着作物的生长，CK 和 NF 处理作物从物苗期到成熟期土壤中钾含量都呈下降趋势，在返青期由于追肥的作用，NF + NOM 处理和 RF + IOM 处理中速效钾含量在灌浆期左右有所上升，而后到成熟期由于作物的吸收，速效钾含量有所下降。在作物的生长期，NF + NOM 处理速效钾含量始终最高，在成熟期比 CK 提高了 12.91%，比 NF 处理提高了 15.7%。RF + IOM 处理速效钾含量比 NF 平均提高了 9.5%，在成熟期提高 12.6%。

3.5. 不同控盐施肥模式对土壤有效磷含量的影响

由图 6 可以看出随着植物的不断生长，需磷量的不断增加，盐碱土有效磷含量逐渐递减，其中对照处理的有效磷含量下降最快。各处理土壤有效磷含量在越冬期时达到最高值，以后开始逐渐减少，由于追肥的作用，在灌浆期各个处理的含磷量有所增加，然后随着作物成熟期需磷量的增加，土壤中含磷量又缓慢下降。其中，NF + NOM 处理磷含量下降比较缓慢，虽然磷肥施入量较 NF 处理低，但是在作物成熟期 NF 处理、NF + NOM 处理土壤中的有效磷含量并无明显差异，原因可能是 NF + NOM 处理施用了有机肥。虽然 RF + IOM 处理比 NF + NOM 处理施用有机肥多，但是由于化肥施用量较低，有机肥在短时间内并未完全转化为有效磷，土壤有效磷含量仍较 NF 处理、NF + NOM 处理低。

3.6. 不同控盐施肥模式对耕层全盐含量的影响

众所周知，长期过量施用化肥是造成土壤盐渍化的重要原因。表层土壤全盐含量随化肥施用量增加呈明显升高趋势[16]。

由图 7 可以看出，在施用有机肥条件下，NF + NOM 处理比 NF 处理表层土壤全盐含量在返青期、灌浆期和成熟期分别低 16.5%、7.8%、8.0%，RF + IOM 处理比 NF 处理表层土壤含盐量在返青期、灌浆期和成熟期分别低 18.3%、13.9%、12.8%，原因可能有两个：一是有机物料对土壤结构产生影响，有利于盐分的淋洗。二是有机肥中的腐植酸类有机大分子物质对无机离子的络合作用。

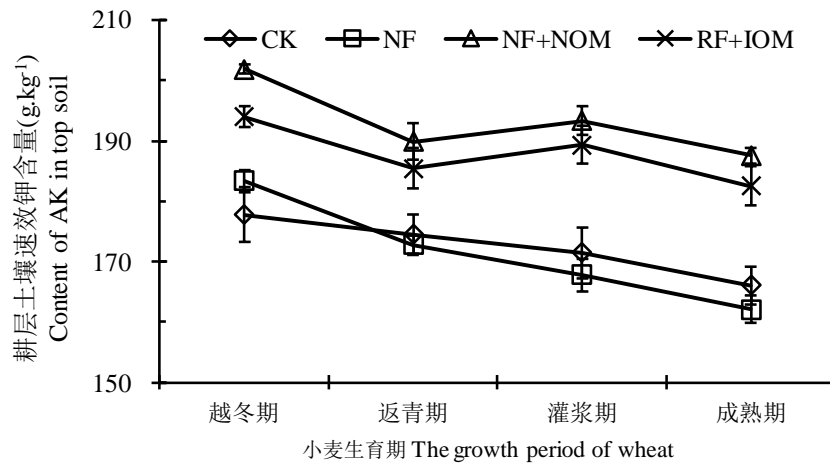


Figure 5. Available K (AK) content of top soil at different growth periods of wheat

图 5. 小麦各生育期耕层土壤速效钾含量

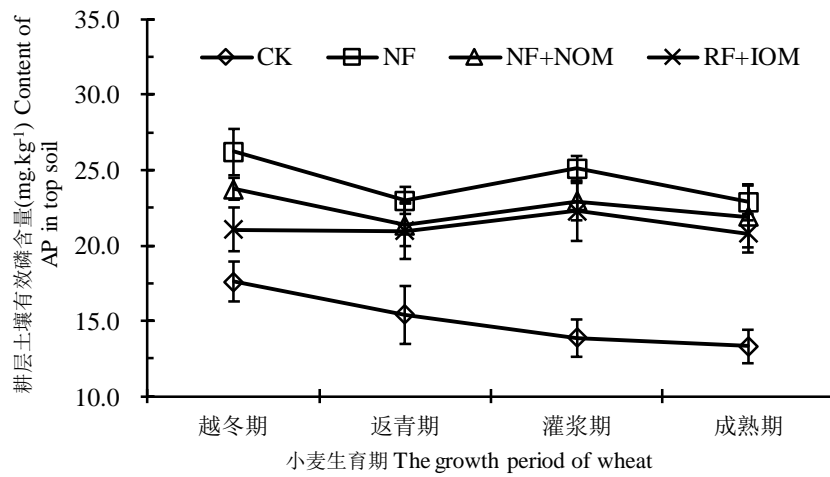


Figure 6. Available P (AP) content of top soil at different growth periods of wheat

图 6. 小麦各生育期耕层土壤有效磷含量

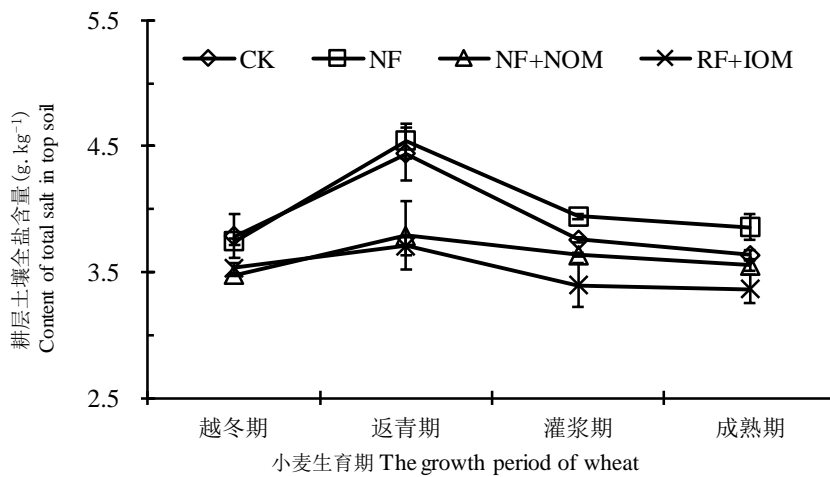


Figure 7. Total salt content of top soil at different growth periods of wheat

图 7. 小麦各生育期耕层土壤全盐含量

3.7. 不同控盐施肥模式对小麦产量的影响

小麦产量由亩穗数、穗粒数、千粒重三个因子共同决定。穗数由基本苗、分蘖数、分蘖成穗率三部分决定。由表 2 可知: NF + NOM、RF + IOM 处理小麦千粒重显著高于其它处理, 分别比 NF 处理高 6.2%、6.3%; NF + NOM 处理亩穗数显著高于其它处理分别比 NF 处理和 CK 处理高 15.6%、58.2%; NF 处理、NF + NOM 处理、RF + IOM 处理穗粒数均显著高于对照处理。

从产量结果看, 各施肥处理均高于对照, 其中 NF + NOM 处理最高, NF + NOM 处理和 RF + IOM 处理分别比习惯施肥处理增产 29.03%、6.15%, 表明有机肥和化肥配施可提高小麦单产, 增量使用有机肥而减少化肥用量在短时间内虽然没有显著提高冬小麦产量, 但是也并未造成冬小麦产量的下降。NF 处理施用大量氮磷化肥, 不利于小麦产量增加, 还会造成资源浪费, 带来严重的环境问题。

4. 讨论与结论

化肥施用量大、底追肥比例不协调、肥料利用率偏低、使用方法不当, 进而造成土壤板结、盐碱化加重、作物产量下降是当地农民在施肥上存在的问题。本试验通过研究得出施用常量有机肥和在施用常量化肥基础上调整化肥的底追肥比例基本可以达到控盐培肥增产的效果。有机肥的施入能有效降低土壤容重, 有效降低土壤中水溶性盐含量, 有机肥施用量越多对土壤的脱盐效果越明显。这与张金柱李潮海等研究的结果一致[17] [18] [19]。本试验通过增加追肥比例减少了肥料的淋失并提高了肥料利用率, 在作物需肥旺盛的灌浆和成熟期保证了养分的供应从而达到增产的效果, 在灌浆期, 提高了追肥比例的 NF + NOM 处理土壤中各养分含量均高于 NF 处理。提高土壤肥力水平能在一定程度上增加作物产量, 本试验根据在一般栽培条件下, 每生产 100 公斤小麦, 需从土壤中吸收氮素 3 公斤左右, 五氧化二磷 1~1.5 公斤, 氧化钾 2~4 公斤, 氮、磷、钾的比例约为 3:1:3。由于试验地耕层土壤中速效钾含量较高, 因此确定氮、磷、钾的比例约为 3:1:2, 这样减少了不必要的肥料投入, 提高了肥料利用率。NF + NOM 处理中有有机肥和化肥的配施增加了土壤中全氮、碱解氮、有效磷、速效钾以及有机质的含量。RF + IOM 处理与 NF 处理相比能显著降低盐碱土中的水溶性盐含量, 同时减量化肥不会造成土壤有效养分含量的降低和冬小麦产量的下降。在冬小麦需肥较少的苗期减少化肥的底施比例, 不仅可以有效减少肥料在土壤中的残留, 减轻盐分对冬小麦出苗的抑制作用, 而且可以有效减少在“冻水”和“返青水”浇灌过后肥料的淋失。

本研究结果表明, NF + NOM 处理能够显著提高小麦产量, 其与 CK、NF 处理和 RF+IOM 处理相比差异达到显著水平; 有机肥与化肥配施有增产稳产的效果是许多长期试验的共同结论[20] [21] [22] [23] [24], 主要是因为滨海盐碱地合理的施肥模式可以提高土壤养分含量、改善土壤物理性状, 优化作物根系生态环境, 为作物高产稳产提供了良好的土壤环境。增施有机肥用量的 RF + IOM 处理产量与对照相比并未有显著提高, 具体原因可能是本试验减施了化肥而且 RF + IOM 处理施入的增量有机肥由于

Table 2. Effects of different treatments on wheat yield components

表 2. 不同处理对小麦产量构成因子的影响

编号	亩穗数/万	千粒重/g	穗粒数	亩产量(kg)
CK	20.63 ± 0.13c	47.68 ± 0.84b	14.20 ± 2.01b	162.52 ± 5.28c
NF	28.22 ± 0.33b	48.08 ± 0.71b	25.15 ± 0.22a	341.49 ± 11.09b
NF + NOM	32.63 ± 0.05a	51.07 ± 1.33a	26.47 ± 0.67a	440.65 ± 5.10a
RF + IOM	28.16 ± 1.06b	51.13 ± 1.89a	25.15 ± 0.48a	362.30 ± 17.03b

注: 表中数据为平均数加减标准误, 同列的不同字母表示有显著差异($p < 0.05$)。

时间短并未完全分解并被作物利用,无法显著增加土壤中的养分含量和减缓由于植物生长所造成的土壤养分的消耗,因而并未达到明显的增产效果。可能随着土壤中有机的矿化会逐渐增加土壤养分含量,从而进一步提高产量,具体还需要后续试验的验证。

基于黄河三角洲滨海盐碱地引黄灌溉造成的典型土壤特性,充分考虑滨海盐化潮土中过多盐离子的不利影响,滨海中度盐碱地施用常量化肥配合常量有机肥并增加化肥追施比例会对盐碱土肥力的提升,水溶性盐的下降以及冬小麦的增产有明显效果。

基金项目

山东省自主创新及成果转化专项项目:“黄河三角洲盐碱地快速改良技术研发集成与示范”(2014ZZCX07402);渤海粮仓科技示范工程:“盐碱土壤改良与中低产田地力提升技术研究”(2013BAD05B03)。

参考文献 (References)

- [1] 孙家山. 苏北滨海盐土改良利用的历史经验[J]. 中国农史, 1982(2): 37-47.
- [2] Wang, F., Liu, R., Lin, X., *et al.* (2004) Arbuscular Mycorrhizal Status of Wild Plants in Saline-Alkaline Soils of the Yellow River Delta. *Mycorrhiza*, **14**, 133-137.
- [3] 中国科学院土壤研究所编译室. 盐渍土问题译文集[M]. 北京: 科学出版社, 1964.
- [4] Barua, S., Tripathi, S., Chakraborty, A., *et al.* (2011) Studies on Nonsymbiotic Diazotrophic Bacterial Populations of Coastal Arable Saline Soils of India. *India Journal of Microbiology*, **51**, 365-376.
- [5] 李振声, 欧阳竹, 刘小京, 等. 建设“渤海粮仓”的科学依据[J]. 中国科学院院刊, 2011, 26(4): 371-374.
- [6] 葆芳, 杨晓晖, 江泽平. 引黄灌区水资源利用与土壤盐渍化防治[J]. 干旱区研究, 2004, 21(2): 139-143.
- [7] 李志杰, 孙文彦, 马卫萍, 等. 盐碱土改良技术回顾与展望[J]. 山东农业科学, 2010(2): 73-77.
- [8] 魏由庆. 从黄淮海平原水盐均衡谈土壤盐渍化的现状和将来[J]. 土壤学进展, 1995, 23(2): 18-25.
- [9] 陈恩凤, 王汝镛, 王春裕. 有机质改良盐碱土的作用[J]. 土壤通报, 1984(5): 193-196.
- [10] 严慧峻, 魏由庆, 刘继芳, 等. 洼涝盐渍土“淡化肥沃层”的培育与功能的研究[J]. 土壤学报, 1994, 31(4): 413-421.
- [11] 车军平, 李学平, 蒲生彦, 王明铭, 秦兰兰. 不同施肥方式对盐碱土培肥及脱盐效果的影响[J]. 广东农业科学, 2013, 40(2): 54-56, 59.
- [12] 刘国伟. 长期施用生物有机肥对土壤理化性质影响的研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国农业大学, 2004.
- [13] 周国富. 冬小麦需肥规律与施肥技术[J]. 种业导刊, 2010(9): 33-34.
- [14] 杜秀玲. 浅谈冬小麦需肥规律与施肥技术[J]. 安徽农学通报, 2010, 16(12): 101-130.
- [15] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 第3版. 北京: 中国农业出版社, 2000: 16-106.
- [16] 朱萍, 顾艾节, 周士良, 等. 上海市奉贤区设施菜地土壤盐渍化研究[J]. 上海农业学报, 2014, 30(2): 100-103.
- [17] 张金柱. 生物有机肥对盐碱土理化性质及苜蓿生理反应影响的研究[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2007.
- [18] 段红光. 增施有机肥对小麦生育特性、产量的影响[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(10): 4353-4355.
- [19] 李潮海, 周顺利. 土壤容重对玉米苗期生长的影响[J]. 华北农学报, 1994, 9(2): 49-54.
- [20] 张金柱, 郭春景, 张兴, 等. 生物有机肥对中度盐碱土理化性质影响的研究[J]. 湖北农业科学, 2008, 47(12): 1420-1422.
- [21] 张睿, 刘党校. 氮磷与有机肥配施对小麦光合作用及产量和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(4): 543-547.
- [22] 刘广军, 张振华, 翟金中, 等. 有机无机复混肥在小麦上的应用效果研究[J]. 安徽农业科学, 2002, 30(6): 944-954.
- [23] 张兰松, 马永安, 李保军, 等. 有机无机肥配合施用对小麦的增产作用[J]. 植物营养与肥料学, 2003, 9(4): 503-505.
- [24] 郭传贵, 张峰. 商品有机肥在小麦上的施用效果[J]. 安徽农业科学, 2004, 32(3): 485-490.

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：hjas@hanspub.org