不同措施对碱化土壤培肥及水稻植株养分吸收的影响

陈淑娟，何文寿*，王晓军，丁建鹏
（宁夏大学农学院，宁夏 银川 750021）

摘　要：为探明在盐碱胁迫条件下水稻植株对氮磷钾养分吸收的影响，研究了宁夏前进农场碱化土壤在不同施肥措施下的培肥效果及不同施肥措施对水稻氮磷钾养分吸收的影响。结果表明：无论耕地、荒地，土壤pH值、全盐含量在收获后均有不同程度的降低，土壤碱解氮含量在收获后分别上升了67.2%和24.5%；速效磷含量在收获后分别降低了3.6%和52.3%；速效钾含量在收获后分别降低了5.2%和15.8%。在不同施肥措施下，水稻茎、叶全氮含量先呈上升的趋势，而后呈持续下降的趋势；全磷含量呈持续下降的趋势；全钾含量的变化表现出了先上升到平缓再下降的变化趋势。

关键词：施肥措施；土壤培肥；水稻；养分吸收
中图分类号：S156.4+5　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1000-7601(2011)06-0115-04

宁夏农业生产中遇到最严峻的问题之一，就是普遍存在的土壤盐碱化。宁夏银北灌区降雨稀少，蒸发强烈，局部地区浅层地下水埋深不足1 m，在强蒸发作用下，盐分累积于土壤表层，土地经常受到荒漠化和盐碱化的威胁，生态环境脆弱。从宁夏总体土壤盐渍化发展的趋势看，银川北部地区盐碱地已占总耕地面积的49%以上，亟需改造治理。选取适合的改良剂、合适的理化指标对这些盐碱地进行改良，可以增加该区人均可耕土地面积，提高该区的粮食总产量。宁夏龟裂碱土土壤特有的高pH值、高碱化度、弱度盐化、低有机质、土体容重大、透气通水性差等性质，在综合运用碱化土壤改良措施和掌握水稻生长发育的规律以及种植的技术基础上，有计划地进行改良和培肥，既能很好地改良碱土，也使水稻高产增收。通过不同的外源氮、磷、钾、锌肥料组合，对碱化土壤肥力及水稻生长发育产量性状反应进行定量研究，旨在为宁夏碱土土壤施肥决策提供理论依据[1~4]。

1　材料与方法

1.1　试验区概况

试验区位于宁夏平罗县西大滩前进农场，土壤属于盐渍龟裂碱土（俗称白僵土）[5,6]。土壤总体特点为碱化度20%以上，pH 9以上，含盐量大，土壤有机质少，土质粘重，氮、磷含量低。地下水埋深1.5 m左右，矿化度1～10 g/L（见表1）。

表1　供试土壤的主要理化性质（0～20 cm）

Table 1　Physical and chemical properties of tested soil

pH (5:1)	全盐 Total salt (g/kg)	碱化度 ESP (%)	CEC (cmol/kg)	有机质 OM (g/kg)	全氮 Total nitrogen (g/kg)	碱解氮 N (mg/kg)	速效磷 Available P (mg/kg)	速效钾 Available K (mg/kg)	容重 Bulk density (g/cm³)
9.13	7.21	30.3	13.46	10.62	0.54	17.50	12.46	184	1.56

1.2　试验设计

1.2.1　*碱化土壤化学性质及养分变化研究*　土壤样品的采集[7~11]：在试验区（前进农场）每个生产队选择代表性田块均匀布点采集基础土壤样品（0～20 cm），每个生产队布点15～20个。

田间小区试验土壤样品的采集：种植前在试验地块采集一个基础土壤混合样品。收获后按照处理每个小区采集一个土壤样品。

收稿日期：2011-04-27
基金项目：国家科技支撑计划课题（2007BAC08B03）
作者简介：陈淑娟（1984－），女，硕士研究生，宁夏石嘴山人，主要从事盐碱地改良和作物合理施肥技术研究。E-mail：honghualuyedi@163.com。
* **通讯作者**：何文寿，男，宁夏西吉县人，教授，硕士研究生导师，主要从事土壤与植物营养学研究。E-mail：hewenshou@nxu.edu.cn。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

采样方法：按照“S”取多点等量土样混合作为1个基础混合土壤样品。

1.2.2 合理施肥田间小区试验 试验设计：在施用脱硫渣1.5 t/667 m^2、改良剂0.5 t/667 m^2、腐熟羊粪1.0 t/667 m^2的基础上(统一肥底)，进行水稻氮磷钾锌肥肥效试验。氮磷钾锌肥用量各设2个水平，即0和2水平，锌肥用量设2个水平，即不施锌肥和每666.7 m^2施1.5 kg硫酸锌。试验处理为：(1) $N_0P_0K_0$；(2) $N_0P_2K_2$，(3) $N_2P_0K_2$，(4) $N_2P_2K_0$，(5) $N_2P_2K_2$，(6) $N_2P_2K_2Zn$。供试肥料为尿素(N 46%)、重过磷酸钙(P_2O_5 46%)、硫酸钾(K_2O 50%)，供试水稻品种为富源4号(D10)。重复3次，小区面积为60 m^2，共18个小区，试验净面积1 080 m^2，包括保护行和走道共0.2 hm^2。小区之间打埂，高60 cm，宽40 cm，以防止肥料串流。

改良剂及肥料施用方法：脱硫渣、改良剂、有机肥和1.5 kg/667 m^2硫酸锌结合整地先撒施然后翻耕入土，确保与土壤耕层混匀；重过磷酸钙和硫酸钾作基肥施入，尿素按照基肥60%和追肥40%分别施入，其中追肥分3次施入，苗期10%，分蘖期20%，穗期10%。其他管理同大田。

2 结果与分析

2.1 碱化土壤pH值、全盐和碱化度的变化

结果(表2)表明，无论碱化耕地还是新开垦的碱化荒地土壤pH值的平均变化趋势是水稻收获后低于水稻移栽前。碱化耕地的pH值在收获后较移栽前降低了6.3%，新开垦碱化荒地的pH值在收获后较移栽前降低了6.0%。碱化耕地的全盐含量在收获后较移栽前降低了54.6%，新开垦碱化荒地的全盐含量在收获后较移栽前降低了90.1%。碱化耕地的碱化度在收获后较移栽前降低了38.5%，新开垦碱化荒地的碱化度在收获后较移栽前降低了74.8%。

表2 不同类型碱化土壤pH值、全盐和碱化度的变化

Table 2 pH value, total salt and change of alkalization degree of different types of alkaline soil

不同类型碱化土壤 Different types of alklized soil	时间 Time	pH值(5:1) pH value	全盐(g/kg) Total salt	碱化度(%) Alkalization degree
碱化耕地 Alklized cultivated land	移栽前 Before transplanting	8.9	8.1	30.3
	收获后 After harvesting	8.3	3.7	18.6
新开垦碱化荒地 Newly reclaimed alklized wasteland	移栽前 Before transplanting	9.1	8.4	53.9
	收获后 After harvesting	8.5	0.8	13.6

2.2 碱化土壤速效养分的变化

由图1可以看出：土壤碱解氮含量在碱化耕地、新开垦的碱化荒地上变化趋势是一样的，即在土壤改良后较改良前呈现出上升的趋势。碱化耕地土壤碱解氮含量在水稻收获后较移栽前上升了67.2%，新开垦碱化荒地土壤碱解氮含量在水稻收获后较移栽前上升了24.5%。说明施用氮肥可以增加土壤中碱解氮的含量。

由图2可以看出：土壤速效磷含量不论在碱化耕地还是新开垦碱化荒地土壤，其含量都是降低的。碱化耕地土壤速效磷含量在水稻收获后较移栽前降低了3.6%，而新开垦碱化荒地土壤速效磷含量在水稻收获后较移栽前降低了52.3%。这可能是由于施用脱硫废弃物，使土壤中Ga^{2+}浓度增加，致使大部分磷成为难溶性的磷酸钙盐，以及水稻在生长过程中吸收带走了土壤中磷元素，所以在测定水稻收获后土壤速效磷含量较种植前有所降低。

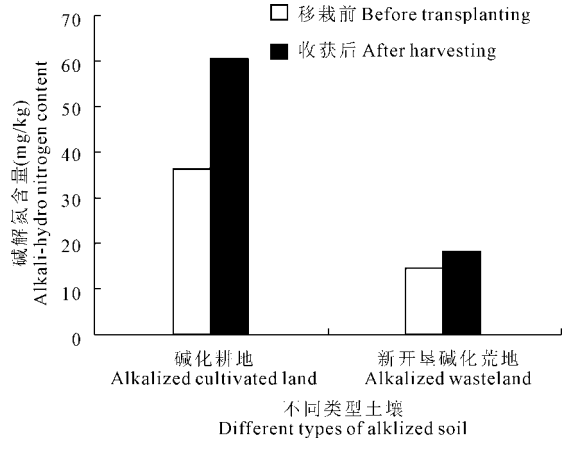

图1 土壤碱解氮含量

Fig.1 Soil alkali-hydro N content

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

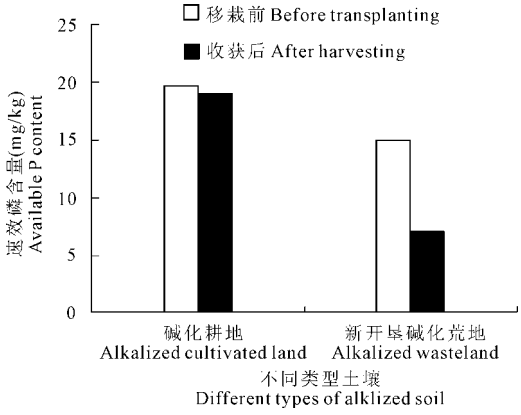

图 2　土壤速效磷含量

Fig. 2　Soil organic P content

由图 3 可以看出:土壤速效钾含量不管在碱化耕地土壤还是新开垦碱化荒地土壤,其含量是降低的。碱化耕地土壤速效钾含量在水稻收获后较移栽前降低了 5.2%,而新开垦碱化荒地土壤速效钾含量在水稻收获后较移栽前降低了 15.8%。这可能是由于使用的钾肥属于易溶性的肥料,其施入土壤后经过灌水,使土壤中 K^+ 随水下渗,以及水稻在生长过程中吸收带走了一部分钾元素,致使土壤表层速效钾含量降低。

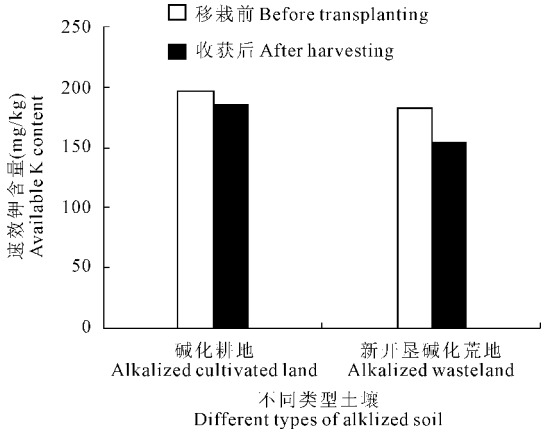

图 3　土壤速效钾含量

Fig. 3　Soil rapidly-available K content

2.3　不同施肥措施对水稻植株茎叶及谷粒中氮磷钾的影响

不同处理对水稻茎叶全氮含量的影响见图 4。从图中可以看出,各处理水稻茎叶全氮含量从分蘖期到拔节孕穗期呈现上升的趋势,而从拔节孕穗期开始至成熟期呈现持续下降的趋势,且下降的幅度较大。在返青期,NP 处理茎叶的全氮含量最高,达到 1.51%,其次是 NK 处理,茎叶的全氮含量为 1.50%。在分蘖期,NPK 处理茎叶的全氮含量最高,其次是 NPKZn 处理,水稻茎叶的全氮含量最低是 CK。至拔节孕穗期,茎叶中氮含量上升幅度最大的是 NK 处理,依次分别是 NP>NPKZn>CK>NPK>PK;成熟期各处理达到相似的水平,但茎叶全氮含量最高的为 NPK 处理。

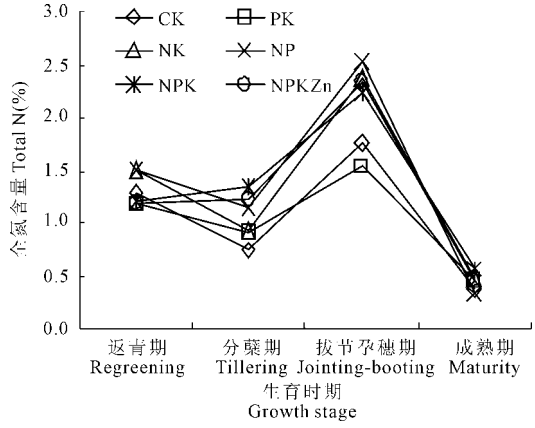

图 4　不同处理植株茎、叶全氮含量

Fig. 4　Total N content in plant stem and leaf in different treatments

从图 5 中可以看出:各处理水稻植株茎叶全磷含量变化呈现出与全氮变化不同的趋势:从返青期开始至成熟期呈现持续下降的趋势;分蘖期到拔节孕穗期下降的幅度较大,从拔节孕穗期到成熟期下降得较为平缓。在返青期,NK 处理植株茎叶的全磷含量最高,达到 0.73%,其次是 NPKZn 处理;在分蘖期,植株茎叶的全磷含量变化是 NPK>NP>NPKZn>PK、CK>NK;至拔节孕穗期,NPK 处理植株茎叶的全磷含量下降最大,而 NK 处理的全磷含量下降幅度较小;成熟期 PK 和 NP 处理的全磷含量略高于其它的处理。

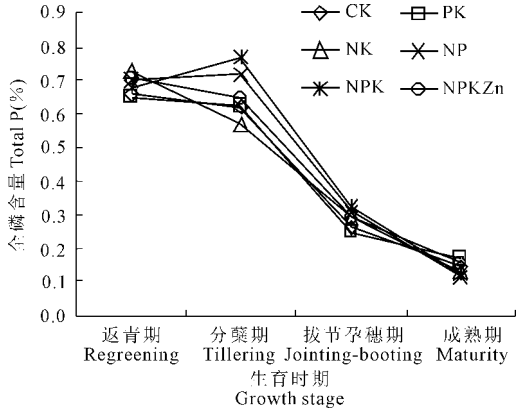

图 5　不同处理植株茎、叶全磷含量

Fig. 5　Total P content in plant stem and leaf in different treatments

与水稻植株茎叶氮磷含量变化趋势不同,在不同处理的影响下,水稻植株茎叶全钾含量的变化表现出了先上升,再下降的抛物线变化趋势(图 6)。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

在返青期，NP处理植株茎叶全钾含量略高于其它处理；在分蘖期，NPK处理植株茎叶全钾含量最高，达到1.03%，其次是NPKZn处理植株茎叶全钾含量为0.97%。分蘖期NPK和NPKZn处理的茎叶全钾含量分别较返青期平均高出42.03%和41.84%，CK、PK、NK和NP植株茎叶全钾含量都是相对应的高于返青期；在拔节期各处理植株茎叶全钾含量顺序仍然为NPK最高，而PK则是最低的；成熟期植株全钾含量顺序为：NPK>NPKZn>NK>NP、PK>CK。

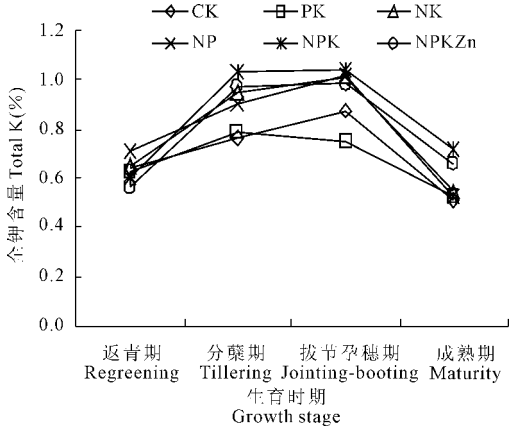

图6 不同处理植株茎叶全钾含量

Fig.6 Total K content in plant stem and leaf in different treatments

不同处理对水稻谷粒全氮、全磷和全钾含量的影响见图7。CK谷粒中全氮含量最低，而最高的是NPK，NPKZn仅次于NPK。各处理水稻谷粒全磷含量的变化趋势不同于谷粒中全氮含量变化。NPK肥料组合的谷粒中全磷含量最高，而NPKZn全磷含量低于其它的处理，这可能由于施锌肥影响水稻对磷元素的吸收。不同处理对水稻谷粒全钾含量影响变化几乎是呈直线型的。

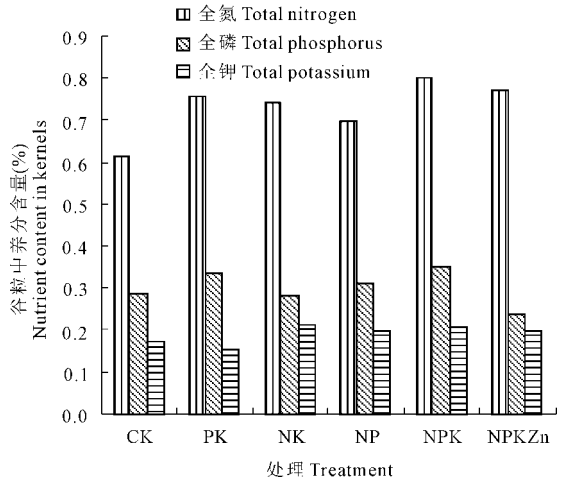

图7 不同处理植株谷粒全氮、全磷和全钾含量

Fig.7 Total N, P and K content in plant grain in different treatments

3 结论与讨论

3.1 结 论

(1) 碱化土壤性质变化特征：碱化耕地土壤和新开垦碱化荒地土壤中pH值在收获后较移栽前分别降低了6.3%和6.0%；全盐含量在收获后较移栽前分别降低了54.6%和90.1%；土壤碱解氮含量在水稻收获后较移栽前分别上升了67.2%和24.5%；速效磷含量在水稻收获后较移栽前分别降低了3.6%和52.3%；速效钾含量在水稻收获后较移栽前分别降低了5.2%和15.8%。

(2) 不同施肥措施对水稻植株养分吸收及生长的影响：在不同施肥措施下，水稻茎叶全氮含量从分蘖期到拔节孕穗期呈现上升的趋势，而从拔节孕穗期开始至成熟期呈现持续下降的趋势；全磷含量从返青期开始至成熟期呈现持续下降的趋势；全钾含量的变化表现出了先上升到平缓再下降的变化趋势。水稻生育前期地上部干物质累积量和干物质累积量上升均比较平缓，分蘖期以后累积量迅速上升，同时也表现出不同程度的差异。

3.2 讨 论

在盐渍化土壤地区施入氮磷钾肥的同时，一定要结合施用有机肥料，并且根据阳离子交换量、碱化度的大小，可以考虑配合施入其它改良剂如脱硫废弃物、石膏等；另一方面由于水稻地长期处于淹水的特殊状态，肥料施入土壤以后，土壤中离子与养分之间存在着相互作用，但对它们之间究竟存在什么样的相互作用，这还需进一步的分析研究。通过对离子间的相互作用的研究，可以更好地为碱化土壤合理施肥以及肥料种类的选择等提供依据。

参 考 文 献：

[1] 王遵亲，祝寿泉，俞仁培，等.中国盐渍土[M].北京：科学出版社，1993：1.

[2] 马 琼，张 伟，马玉兰.宁夏扬黄灌区土壤盐渍化状况分析[J].宁夏农林科技，2005，(5)：43－44.

[3] 刘阳春，何文寿，何进智，等.盐碱地改良利用研究进展[J].农业科学研究，2007，28(2)：68－71.

[4] 李宏广，何文寿，段晓红，等.宁夏前进农场碱化土壤改良及水稻合理施肥技术研究[J].西北农业学报，2009，18(5)：217－222.

[5] 陆景陵.植物营养学(上册)[M].北京：北京农业大学出版社，1994：17－25.

[6] 李晓慧.宁夏向日葵氮磷钾养分吸收特点及合理施肥技术研究[D].银川：宁夏大学，2006.

[7] 何念祖，孟赐福.植物营养原理[M].上海：上海科技出版社，1987：60－80.

(下转第129页)

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

Effect of combined application of green manure and chemical fertilizer on wheat yield and soil fertility

ZHANG Jiu-dong[1,2], BAO Xing-guo[2], HU Zhi-qiao[2], WANG Ting[2], CAO Wei-dong[3], CHE Zong-xian[2], YANG Wen-yu[2], LI Quan-fu[2], WANG Jian[1*]

(1. *College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi* 712100, *China*;
2. *Soil and Fertilizer and Water-saving Institute, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou* 730070, *China*;
3. *Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing* 100081, *China*)

Abstract: An experiment was carried out in Gansu Hexi oasis irrigation area to investigate, under the condition of total amount of N application remaining unchanged, the effect of green manure replacing chemical fertilizer with the same content of N on wheat yield and chief characteristics, soil fertility and soil microbial quantity. The results showed that, in the first year, the wheat yield decreased with the increase of green manure, but the content of soil available N, P, K and organic matter increased after green manure harvest; In the second year, the increase of green manure increased wheat yield, and 70% green manure N + 30% chemical fertilizer N achieved the highest yield of 8 562 kg/hm^2, 24.7% more than that by FFP. Green manure replacing N fertilizer by 30%～45% improved soil fertility and wheat yield, and had good economic and ecological benefits.

Keywords: green manure; multiple cropping; soil fertility; wheat yield; Hexi oasis

(上接第 118 页)

[8] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2005:245—271.

[9] 孙　权.农业资源与环境质量分析方法[M].银川:宁夏人民出版社,2004:55—66.

[10] 马玉兰.宁夏测土配方施肥技术[M].银川:宁夏人民出版社,2008:170—210.

[11] 何文寿.植物营养学通论[M].银川:宁夏人民出版社,2004:67—103.

The influence of different fertilizering measures on soil fertility and nutrient uptaking of rice plant in alkaline soil

CHEN Shu-juan, HE Wen-shou*, WANG Xiao-jun, DING Jian-peng

(*College of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia* 750021, *China*)

Abstract: In order to find out the influence of NPK nutrient uptakeing of rice plant in salinity-alkalinity stress condition, different fertilizing measures were studied on the Qianjin farm in Ningxia. The results showed that soil pH value and total salt content reduced at different degree regardless of cultivated land or wasteland after harvest. Soil alkali-hydro nitrogen content after harvest increased by 67.2% and 24.5% respectively, rapidly-available phosphorus reduced by 3.6% and 52.3%, and rapidly-available potassium content reduced by 5.2% and 15.8%. In different fertilizing measures, rice stems, leaf total nitrogen content showed a rising trend first, and then a declining one, while total phosphorus was all in a declining trend. The total potassium content showed first rising gently and then declining.

Keywords: fertilizing measure; soil fertility; nutrient uptaking

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net