

文章编号:1003-8701(2014)04-0017-05

# 吉林省盐碱稻区不同栽培模式对土壤性质及水稻生长的影响

马 巍<sup>1</sup>,侯立刚<sup>1\*</sup>,齐春艳<sup>1</sup>,王 涵<sup>1</sup>,刘 亮<sup>1</sup>,王 华<sup>2</sup>  
孙洪娇<sup>1</sup>,刘晓亮<sup>1</sup>,郭晞明<sup>1</sup>,隋鹏举<sup>1</sup>

(1. 吉林省农业科学院水稻研究所,吉林 公主岭 136100;2. 吉林省气象服务中心,长春 130062)

**摘 要:**为了明确不同栽培模式对土壤性质与水稻生长的影响,优化吉林省盐碱稻区栽培模式。以吉粳 88 和吉粳 111 为供试材料,通过在中低度盐碱稻区设置传统精耙地栽培(对照)、旱平免水耙栽培、三增综合栽培 3 种不同栽培模式,并测定在 3 种栽培条件下土壤理化性质和根系氧化活力及产量构成。结果表明,在土壤的改良效果方面,无论在低度盐碱稻区或中度盐碱稻区,与传统精耙地栽培相比较,三增综合栽培和旱平免水耙栽培可降低土壤容重和电导率,增加土壤总孔隙度和水溶性有机碳含量,表现为三增综合栽培 > 旱平免水耙栽培 > 传统精耙地栽培。在水稻生长方面,三增综合栽培和旱平免水耙栽培水稻成穗率、根系活力以及实际产量均高于传统精耙地栽培,其中三增综合栽培下,吉粳 111 和吉粳 88 产量平均为 10 204.8 kg·hm<sup>-2</sup> 和 10 662.9 kg·hm<sup>-2</sup>,比旱平免水耙栽培增加了 21.0%和 22.2%,比传统精耙地栽培增加了 30.3%和 26.2%。这些结果表明,三增综合栽培模式相对于旱平免水耙栽培和传统精耙地栽培有明显增产优势。

**关键词:**水稻;栽培模式;盐碱土;土壤性质;生长

中图分类号:S511

文献标识码:A

## Effects of Different Cultivation Patterns on Soil Properties and Rice Growth in Jilin Soda Alkali-saline Region

MA Wei<sup>1</sup>, HOU Li-gang<sup>1\*</sup>, QI Chun-yan<sup>1</sup>, WANG Han<sup>1</sup>, LIU Liang<sup>1</sup>,  
WANG Hua<sup>2</sup>, SUN Hong-jiao<sup>1</sup>, LIU Xiao-liang<sup>1</sup>, GUO Xi-ming<sup>1</sup>, SUI Peng-ju<sup>1</sup>

(1. Rice Research Institute, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Gongzhuling 136100, China; 2. Jilin Meteorological Bureau, Changchun 130062)

**Abstract:** This study was to make clear the effects of different cultivation patten on soil properties and rice growth and optimize cultivation patterns in Jilin soda alkali-saline region. Using 'Jijing 111' and 'Jijing 88' as materials, three cultivation patterns including traditional harrowing cultivation (CK), dry leveling cultivation, three measures cultivation were adopted and effects of different cultivation pattern on soil properties, root activity and yield of rice were studied. The results showed that three measures cultivation and dry leveling cultivation could reduce soil density, EC and increase total porosity, WSOC than CK when rice were grown on low or medium soda alkali-saline region. As to soil improvement effect, the different cultivation patterns showed that three measures cultivation > dry leveling cultivation > CK. As to rice growth, percentage of productive tillers, root activity and yield in dry leveling cultivation, three measures cultivation were higher than those in CK. The yield of 'Jijing 111' and 'Jijing 88' were 10 204.8 kg·hm<sup>-2</sup> and 10 662.9 kg·hm<sup>-2</sup> in three measures cultivation, increased 21.0% and 22.2% than dry leveling cultivation,

收稿日期:2014-04-21

基金项目:国家现代农业产业技术体系(CARS-01-04A);科技部粮丰工程项目(2012BAD04B02)

作者简介:马 巍(1984-),男,助理研究员,硕士,主要从事水稻高产栽培技术研究。

通讯作者:侯立刚,男,研究员,博士,E-mail:lhwc@cjaas.com

and increased 30.3% and 26.2% than CK, respectively. The results indicated that the rice yield superiority in three measures cultivation was obvious compared with dry leveling cultivation and CK.

**Keywords:** Rice; Cultivation pattern; Soda alkali-saline; Soil property; Growth

我国既是世界上最大的稻米生产国,也是最大的消费国。近年来,由于城市化进程的不断加快,大量优质耕地被占用,而后备补充的耕地资源则以水热、区位、地形条件相对较差的中低产田为主。数据显示,目前我国中低产田的面积约占全国耕地总面积的 78.5%,而大面积中低产田的存在正是造成了我国水稻单位面积产量低且不稳的主要原因。

吉林省是我国主要的粳稻生产基地,其中低产田土壤类型主要以盐碱耕地型为主。研究表明,合理的土壤耕作方式可改善耕层的土壤结构,调节土壤中水、肥、气、热之间的关系,为水稻根系的发育创造良好的环境和条件<sup>[1]</sup>。而根系是水稻吸收养分和水分的重要器官,其生长发育状况与地上部器官的建成和最终产量形成密切相关<sup>[2-3]</sup>。因此,针对吉林省盐碱土壤障碍因素,进行区域耕作方式改良,集成特有栽培模式,是提高吉林省中低产田粮食产量的重要途径。目前,提升水稻产量的研究多偏重于耕作方式<sup>[4-6]</sup>、栽插密度<sup>[7-8]</sup>、施肥水平<sup>[9]</sup>及灌溉方式<sup>[10-11]</sup>等单因子效应,而通过多因子集成于优化,提升水稻产量的研究却鲜有报道。本文通过建立秸秆还田土壤耕作方式,调节施肥措施,提高水稻后期抗逆性,研究不同栽培模式对吉林省盐碱稻区土壤物理性质、根系活力及产量的影响,旨在为构建吉林省中低产田水稻高产栽培模式提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

试验于 2010~2011 年在吉林省农业科学院水稻研究所公主岭轻度盐碱稻区试验田( )和前郭中度盐碱稻区试验田( )进行,供试土壤基本理化性质见表 1。以吉林省常规栽培品种吉粳 111 和超级稻吉粳 88 为供试材料。

### 1.2 试 验 设 计

4 月 19 日播种,5 月 20 日移栽,采用 30 cm × 13 cm 移栽密度,单株移栽。设 3 种栽培模式处理。

A. 传统灌水精耙栽培(对照)。秋翻不留茬还田,春季土壤化冻 15 cm 左右时,采用旋耕机旱旋整平,镇压并打碎垡块,旋地同时施底肥,将肥均匀扬在田面,移栽前 3~5 d 灌水泡田精耙整地。总氮施用量 200 kg·hm<sup>-2</sup>,按照基肥:分蘖肥:穗肥:粒肥=4:3:2:1 比例施用,磷肥(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)施用量 80 kg·hm<sup>-2</sup>,作基肥一次施用,钾肥施用量为 60 kg·hm<sup>-2</sup>,基肥和穗肥各 50% 施用。除生育中期进行适时晒田外,其余时间保持田间 3~5 cm 水层,直到收获前 10 d 左右停止灌溉。

B. 旱平免水耙栽培。春翻时借助激光平地仪进行田面平整,泡田后不进行水耙整地,施肥和水管理同 A 处理。

C. 三增综合栽培。收割时留茬,留茬高度为 20~30 cm,采用五铧犁翻埋。施肥方法上采取不施分蘖肥,补肥施用时间前移,多施穗肥,按照基肥:补肥:穗肥:粒肥=4:2:3:1 比例施用。其他均同 B 处理。

以上各处理重复 3 次,采用随机区组排列,每个小区面积 80 m<sup>2</sup>。

### 1.3 测 定 项 目

用环刀法测定土壤容重、总孔隙度;采用 DDS-307A 型电导率仪测定土壤电导率;水溶性有机碳采用岛津 TOC-5000 A 测定;在水稻最高分蘖期(MT)、抽穗期(HD)、灌浆期(FL)取样,用 α-NA 氧化法测定根系氧化力。水稻成穗率及产量构成因素的调查方法参照韩龙植<sup>[12]</sup>编著的《水稻种质资源描述规范和数据标准》。

### 1.4 数 据 统 计 分 析

采用 Excel 进行数据整理和作图,用 DPS 7.0 软件进行统计分析。

表 1 供试土壤基本理化性质

试验地点	pH	有机质 (g·kg <sup>-1</sup> )	全量(g·kg <sup>-1</sup> )			速效含量(μg·g <sup>-1</sup> )		
			N	P	K	N	P	K
	7.63	30.52	1.23	1.21	18.76	152.4	60.70	87.25
	8.61	21.65	1.01	1.13	14.78	132.80	70.56	103.2

## 2 结果与分析

### 2.1 不同栽培模式对土壤性质的影响

由表 2 可知,无论是低度盐碱稻区还是中度盐碱稻区,不同栽培模式对土壤性质的影响趋势基本相同,从土壤总孔隙度来看,三增综合栽培 > 旱平免水耙栽培 > 传统灌水精耙栽培,其中三增综合栽培土壤总孔隙度显著高于旱平免水耙栽培和传统灌水精耙栽培,平均增加 16.8%和 62.7%。从土壤电导率和土壤容重来看,表现为三增综合栽培 < 旱平免水耙栽培 < 传统灌水精耙栽培,其

中三增综合栽培土壤容重低于旱平免水耙栽培和传统灌水精耙栽培,且达到显著水平,平均降低 5.5%和 7.3%。

从表 2 还可以看出,不同栽培模式对不同盐碱稻区土壤水溶性有机碳的影响趋势相一致,具体表现为三增综合栽培 > 旱平免水耙栽培 > 传统灌水精耙栽培,其中三增综合栽培土壤水溶性有机碳显著高于旱平免水耙栽培和传统灌水精耙栽培,平均增加 42.9%和 52.8%。而旱平免水耙栽培土壤有机碳虽高于传统灌水精耙栽培,但未达到显著水平。

表 2 不同栽培模式对土壤性质的影响

试验地点	处理	土壤电导率 ( $\text{ms}\cdot\text{m}^{-1}$ )	土壤容重 ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )	总孔隙度(%)	水溶性有机碳 ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )
	A	0.85a	1.26a	23.50c	154.6b
	B	0.81ab	1.24b	32.27b	167.3b
	C	0.70b	1.15c	39.39a	241.9a
	A	0.96a	1.35a	21.0c	103.5b
	B	0.92a	1.32a	29.7b	108.7b
	C	0.85b	1.27b	33.0a	152.5a

注:A:传统灌水精耙栽培;B:旱平免水耙栽培;C:三增综合栽培;同一列中不同小写字母代表差异达到5%显著水平,下同

### 2.2 不同栽培模式对水稻成穗率的影响

由图 1 可见,轻度盐碱稻区水稻成穗率明显大于中度盐碱稻区。在轻度盐碱稻区,旱平免水耙栽培处理下,吉粳 111 和吉粳 88 的成穗率为 82.6%和 84.6%,三增综合栽培条件下,两品种成穗率为 83%和 86.3%,与传统灌水精耙栽培条件

相比均有小幅增加,但差异不显著;在中度盐碱稻区,三增综合栽培条件下,两品种成熟率为 80.2%和 80.9%,显著高于旱平免水耙栽培和传统精耙栽培,而旱平免水耙栽培两品种水稻成穗率虽大于传统灌水精耙栽培,但未达到显著水平。

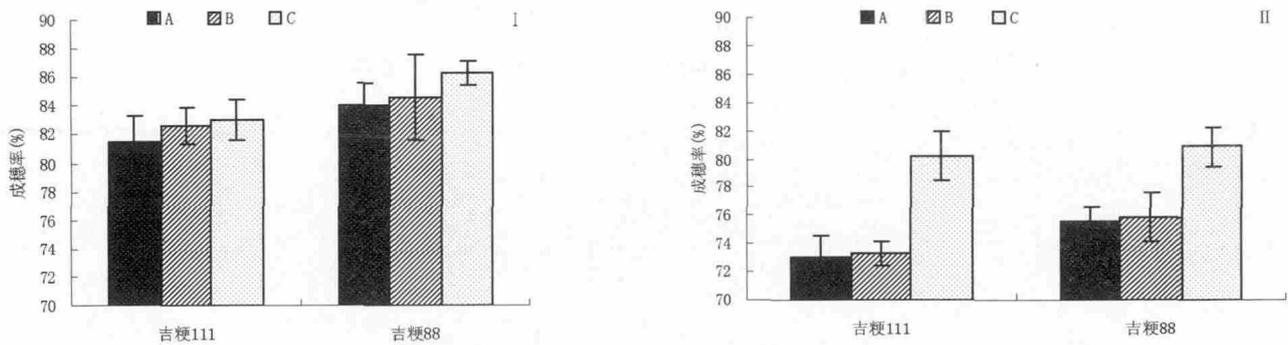


图 1 不同栽培模式对水稻成穗率的影响

### 2.3 不同栽培模式对水稻根系活力的影响

由图 2 可知,不同盐碱程度稻区,水稻根系氧化活力不同,表现为轻度盐碱稻区 > 中度盐碱稻区。不同生育时期水稻根系氧化能力不同,其中最高分蘖期根系氧化活力最大,随着生育进程,水稻的根系氧化活力呈下降趋势。轻度盐碱稻区,三增综合栽培各生育期根系活力均最大,如吉粳 111 和吉粳 88 在最高分蘖期、抽穗期、灌浆期的根系

氧化活力分别为  $2963\mu\text{g}\cdot\alpha\text{-Na}\cdot\text{h}^{-1}$  和  $3254\mu\text{g}\cdot\alpha\text{-Na}\cdot\text{h}^{-1}$ 、 $2221\mu\text{g}\cdot\alpha\text{-Na}\cdot\text{h}^{-1}$  和  $2682\mu\text{g}\cdot\alpha\text{-Na}\cdot\text{h}^{-1}$ 、 $1597\mu\text{g}\cdot\alpha\text{-Na}\cdot\text{h}^{-1}$  和  $1935\mu\text{g}\cdot\alpha\text{-Na}\cdot\text{h}^{-1}$ ,比旱平免水耙栽培增加 23.3%和 15.2%、9.0%和 15.1%、27.3%和 38.1%,而比传统精耙栽培增加 24.4%和 20.9%、21.4%和 15.4%、29.2%和 28.6%;中度盐碱稻区,三增综合栽培两品种各生育期根系活力仍高于旱平免水耙栽培和传统精耙栽培。

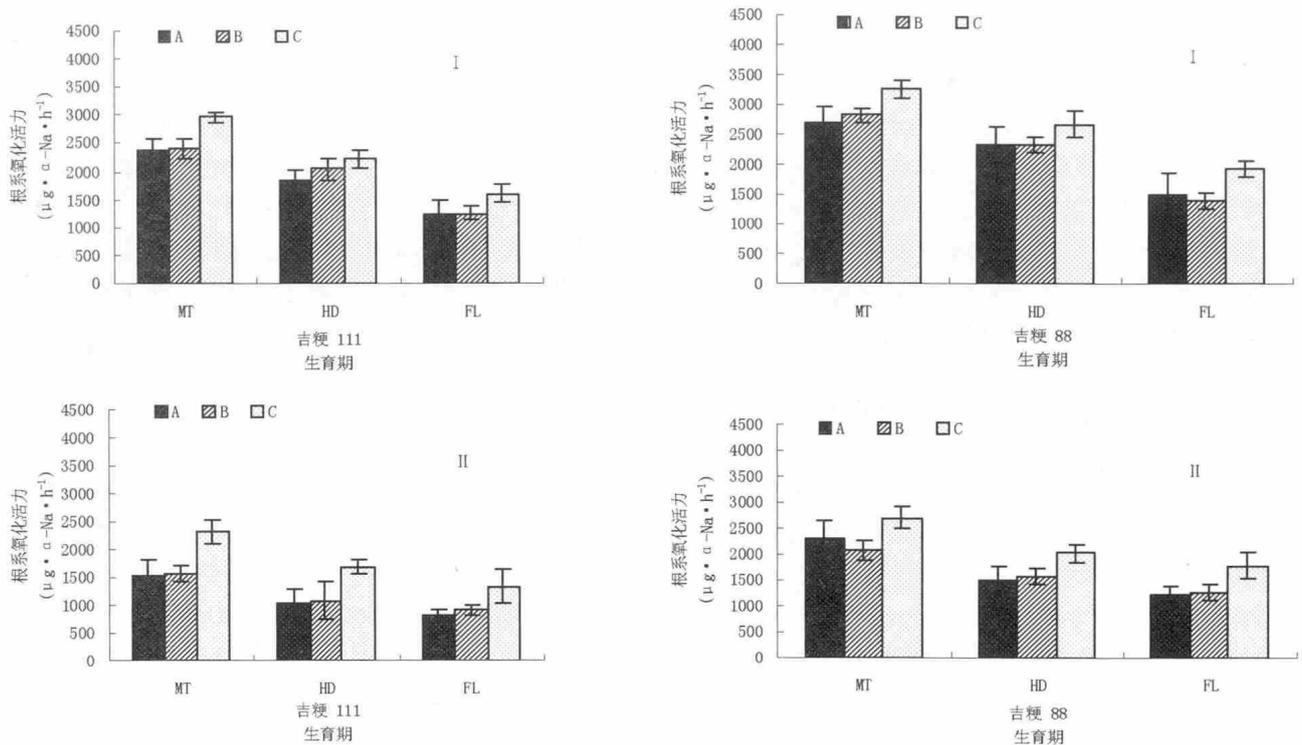


图 2 不同栽培模式对水稻根系活力的影响

#### 2.4 不同栽培模式对水稻产量及构成因素的影响

由表 3 可知,不同盐碱稻区水稻产量不同,产量表现为轻度盐碱稻区>中度盐碱稻区;轻度盐碱地,三增综合栽培条件下,吉梗 111 和吉梗 88 的实际产量为  $10\ 698.2\ \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  和  $11\ 075.6\ \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,比传统精耙栽培增加 22.3%和 20.6%,而旱平免水耙栽培条件下,两品种实际产量较传统精耙栽培

虽有小幅增加,但增幅均较小,且未达到显著水平;中度盐碱地,三增综合栽培条件下,两品种的实际产量比旱平免水耙栽培增加了 23.2%和 27.5%,比传统精耙栽培增加了 40.3%和 32.8%。综合产量构成因素来看,三增综合栽培的产量显著提升主要是由于单位面积穗数和每穗实粒数的显著增加。

表 3 不同栽培模式对水稻水稻产量构成因素的影响

试验地点	品种	处理	穗数 ( $\times 10^4\ \text{hm}^{-2}$ )	每穗实粒数	结实率(%)	千粒重(g)	实际产量 ( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )
	吉梗 111	A	399.0b	103.0b	89.9a	24.3a	8743.6b
		B	405.7b	103.7b	89.1a	24.5a	8986.4b
		C	468.3a	121.3a	87.1a	24.2a	10 698.2a
	吉梗 88	A	432.7b	108.3b	90.9a	23.4a	9186.2b
		B	437.3b	112.0b	88.1a	23.3a	9412.3b
		C	484.7a	124.7a	88.9a	23.4a	11 075.6a
	吉梗 111	A	347.0c	98.7b	84.1a	24.5a	6921.9c
		B	378.3b	100.7b	82.6a	24.9a	7885.7b
		C	416.0a	116.0a	86.2a	24.3a	9711.4a
	吉梗 88	A	403.3b	101.3b	85.7a	23.3a	7717.7b
		B	405.7b	104.7b	87.1a	23.5a	8037.4b
		C	469.7a	117.0a	87.8a	23.1a	10 250.2a

### 3 讨论

土壤物理性状是土壤的重要特性之一,是影

响农业生产的综合因素。而容重是土壤的重要物理性状,是衡量土壤紧实程度的一个指标。研究认为,降低土壤容重,增加土壤孔隙度,改善土壤结

构,有利于作物的根系生长,提高水稻产量<sup>[6]</sup>。本研究结果表明,与传统灌水精耙栽培相比较,三增综合栽培和旱平免水耙栽培均可降低中低盐碱稻区土壤容重和电导率,提高土壤总孔隙度;从改良土壤效果来看,表现为三增综合栽培 > 旱平免水耙栽培 > 传统灌水精耙栽培,究其原因可能与三增综合栽培和旱平免水耙栽培均采用了旱平耕作方式,免去了水耙环节,减少了土壤结构破坏程度有关。

黄耀和孙文娟<sup>[13]</sup>通过对近 20 年来中国大陆农田表土有机碳含量的研究认为,农田土壤有机碳含量的增加主要由于秸秆还田、有机肥的施用以及少(免)耕技术的推广。而在土壤有机碳中起到重要作用的是水溶性有机碳,它是土壤微生物可以直接利用的有机碳源<sup>[14]</sup>。在影响水溶性有机碳(WSOC)含量的各因素中,施肥对土壤 WSOC 的含量有很大的影响,Chantigny 等<sup>[15]</sup>研究表明,施氮肥会减少土壤中 WSOC 的含量。Liang 等<sup>[16]</sup>也得出了相同结论;而施秸秆和有机肥则会提高土壤中 WSCO 的含量<sup>[17-18]</sup>。本研究结果表明,无论是低度盐碱稻区还是中度盐碱稻区,与传统灌水精耙栽培相比,三增综合栽培可显著提高土壤水溶性有机碳,而旱平免水耙栽培虽有提高,但差异不显著。由于 3 种栽培模式无机肥施用总量相同,因此,三增综合栽培中水溶性碳的显著增加主要归因于秸秆还田的栽培措施。

研究证实水稻结实率、粒重、产量等与中后期根系功能关系密切<sup>[19]</sup>。杜永等<sup>[20]</sup>研究认为抽穗后期根系活力强,有利于水稻高产目标的实现。本研究结果表明,与传统灌水精耙栽培相比较,在不同程度盐碱稻区,三增栽培和旱平免水耙栽培均可提高水稻成穗率、根系活力及产量,其中尤以三增栽培效果显著。具体表现为三增综合栽培 > 旱平免水耙栽培 > 传统灌水精耙栽培。综合产量构成因素来看,三增综合栽培的产量显著提升主要与单位面积穗数和每穗实粒数的增加有关。

参考文献:

- [1] 孙利军,张仁陟,黄高宝. 保护性耕作对黄土高原旱地地表土壤理化性状的影响[J]. 干旱地区农业研究,2007,25(6):207-211.
- [2] 刘桃菊,戚昌瀚,唐建军. 水稻根系建成与产量及其构成关

- 系的研究[J]. 中国农业科学,2002,35(11):1416-1419.
- [3] 朱德峰,林贤青,曹卫星. 水稻深层根系对生长和产量的影响[J]. 中国农业科学,2001,35(4):1416-1419.
- [4] 李华兴,卢维盛,刘远金,等. 不同耕作方法对水稻生长和土壤生态的影响[J]. 应用生态学报,2001,12(4):553-556.
- [5] 冯跃华,邹应斌,Roland J Buresh,等. 不同耕作方式对杂交水稻根系特性及产量的影响[J]. 中国农业科学,2006,39(4):693-701.
- [6] 刘怀珍,黄庆,李康活,等. 不同耕作方法对抛插秧的群体结构和土壤理化性状的影响[J]. 耕作与栽培,2003(3):7-9.
- [7] 闫川,丁艳锋,王强盛,等. 行株距配置对水稻茎秆形态生理与群体生态的影响[J]. 中国水稻科学,2007,27(5):530-536.
- [8] 张荣萍,戴红燕,蔡光泽,等. 不同栽插密度对有色稻产量和群体质量的影响[J]. 中国农学通报,2009,25(16):123-127.
- [9] 曾勇军,石庆华,潘晓华,等. 施氮量对高产早稻氮素利用特征及产量形成的影响[J]. 作物学报,2008,34(8):1409-1416.
- [10] 张玉焯,曾翔,瞿华香,等. 地膜覆盖旱直播栽培对水稻产量及群体冠层特性的影响[J]. 杂交水稻,2009,24(3):63-67.
- [11] Yan J, Yu J, Tao G C, et al. Yield formation and tillering dynamics of direct-seeded rice in flooded and non-flooded soils in Huai River basin of China [J]. Field Crops Res, 2010(116):252-259.
- [12] 韩龙植,魏兴华. 水稻种质资源描述规范和数据标准 [M]. 北京:中国农业出版社,2006:51-84.
- [13] 黄耀,孙文娟. 近 20 年来中国大陆农田表土有机碳含量的变化趋势[J]. 科学通报,2006,51(4):750-763.
- [14] Burford J R, Bremner J M. Relationships between denitrification capacities of soils and total water soluble and readily decomposable soil organic matter[J]. Soil Biol Biochem, 1975(7):389-394.
- [15] Chantigny M H, Angers D A, Prevost D, et al. Dynamics of soluble organic C and C mineralization in cultivated soils with varying N fertilization [J]. Soil Biol Biochem,1999(31):543-550.
- [16] Ling B C, Mackenzie A F, Schnitzer M, et al. Management-induced change in labile soil organic matter under continuous corn in eastern Canadian soil[J]. Biol Fertil Soils,1998(26):88-94.
- [17] Zsolnay A, Grolitz H. Water extractable organic matter in arable soil-effects of drought and long-term fertilization[J]. Soil Biol Biochem, 1994(26):1257-1261.
- [18] Lundquist E J, Jackson L E, Scow K M. Wet-dry cycles affect dissolved organic carbon in two California agricultural soils[J]. Soil Biol Biochem, 1999(31):1031-1038.
- [19] 凌启鸿. 作物群体质量 [M]. 上海:上海科学技术出版社,2000:42-209.
- [20] 杜永,潘启明,徐敏权,等. 连嘉梗 1 号特征特性及高产栽培技术[J]. 江苏农业科学,2004,34(6):49-50.