

覆膜栽培对盐碱地水稻生长的影响及节水潜力初探

黄立华^{1,2}, 梁正伟^{1,2}, 王明明^{1,2}, 谷晓岩^{1,2}, 王志春^{1,2}, 杨 福^{1,2}

(1. 中国科学院 东北地理与农业生态研究所, 吉林 长春 130012; 2. 中国大安碱地生态试验站, 吉林 大安 131317)

摘要: 采用田间试验方法, 研究了覆膜栽培对盐碱地水稻生长的影响, 并对盐碱地水稻覆膜栽培的节水潜力进行了初步探讨。结果表明, 覆膜栽培可促进水稻抽穗, 提高了盐碱地水稻穗粒数、千粒质量、结实率和收获指数, 但由于覆膜采用了宽窄行种植模式, 改变了插秧密度, 导致膜上密度增大, 抑制了水稻分蘖, 造成水稻产量略低于常规栽培。与常规栽培相比, 覆膜栽培降低了盐碱地稻田表层土壤 pH 值和盐分含量, 有利于水稻植株前期的生长, 以分蘖期为例, 覆膜栽培处理表层(0~10 cm)土壤 pH 值较常规栽培处理下降了 0.3 个单位, 电导率(EC)下降了 0.35~0.48 dS/m。盐碱地水稻覆膜栽培可较常规栽培节水 17%, 提高了水分生产力, 并且有利于减少土壤速效养分的流失, 具有培肥土壤的作用, 但也造成追肥困难, 容易出现后期脱氮现象。因此, 盐碱地水稻种植既要充分发挥覆膜栽培节水、抑盐的作用, 也要全面考虑覆膜后合理移栽密度和肥料的有效供应, 才能真正实现水稻高产。

关键词: 盐碱地; 水稻; 覆膜栽培; 产量; 耗水规律

中图分类号: S147.2; S511 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2012)增刊-0106-05

Effect of Mulching on Rice Growth and Water Saving Potential in Saline-Sodic Soil

HUANG Li-hua^{1,2}, LIANG Zheng-wei^{1,2}, WANG Ming-ming^{1,2}, GU Xiao-yan^{1,2},
WANG Zhi-chun^{1,2}, YANG Fu^{1,2}

(1. Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130012, China;
2. Da'an Sodic Land Experiment Station, Da'an 131317, China)

Abstract: A field experiment was conducted in order to investigate and understand the effects of mulching on rice growth and water saving potential in saline-sodic soil. The results showed that rice heading was promoted by mulching cultivation (MC), and rice grains per ear, grain weight per one thousands, seed rate and harvest index were increased in MC treatment than those in CK. Because a wide and narrow row planting patterns was applied, plant density increased as a result, rice tillering was inhibited and rice yield was slightly lower than that in conventional cultivation (CK) in saline-sodic soil. The growth characteristics of rice was not significant different between MC treatment and CK treatment, but EC and pH of soil were significantly reduced in MC compared with those in CK. For example, EC and pH of soil (0-10 cm) was decreased by 0.35-0.48 dS/m and 0.3 units in MC treatment than those in CK in rice tillering stage, respectively. Compared with conventional cultivation (CK), irrigation water was reduced by 17% in MC treatment, and water productivity was increased. The loss of soil available nutrients was reduced in MC treatment than that in CK, and the soil fertility was increased. Therefore, we need to develop practices that can maximum the role of water saving and salt control with mulching, while considering planting density and nutrient supply for higher grain yield of rice in saline-sodic soil.

Key words: Saline-sodic soil; Rice; Mulching; Yields; Water consumption

水稻(*Oryza sativa* L.)是我国乃至全世界的主要粮食作物,我国水稻种植面积为 $3.27 \times 10^7 \text{ hm}^2$,产量占全国粮食总产量的 40%~50%。传统的水

稻栽培方式是淹水栽培,其耗水量达 6 000~9 000 m^3/hm^2 ,占农业用水 65%,水资源浪费严重^[1-2]。随着人口增长和经济快速发展,水资源短缺日益成

收稿日期: 2012-06-15

基金项目: 中国科学院西部行动计划项目(KZCX2-XB3-06-02); 国家公益性行业(农业)科研专项经费项目(200903001-06)

作者简介: 黄立华(1974-),男,吉林梨树人,副研究员,博士,主要从事植物营养与土壤生态研究。

为制约农业可持续发展的主要瓶颈^[3],因此,节水稻作研究工作受到了国内外广泛关注^[4-5]。水稻覆膜栽培是一项新型节水栽培技术,20世纪70-80年代初,该技术自日本引入我国,很快在北方的寒旱地区和南方丘陵山区得到广泛应用。研究表明,覆膜栽培不但可以显著提高稻田水分、养分的利用效率,实现节水节肥,还可有效增加积温,促进水稻前期的生长,提高籽粒产量^[6-9]。

松嫩平原西部是我国苏打盐碱土的最大集中分布区,劣质土地资源丰富,但利用率较低。人们在长期的盐碱地改良工作中发现种稻是生物治理盐碱地的最好方法之一^[10-11]。盐碱地种稻可以实现“以水洗盐”、“以稻治碱”,不但有利于提高劣质土地的生产力,增加后备土地资源,还有利于改善区域生态环境,对保障国家粮食安全具有重要意义^[12-14]。“十一五”期间,国家提出了粮食增产计划,吉林省启动了盐碱地大规模开发种稻项目,计划增垦盐碱地水田27万hm²,年增产稻谷16.5亿kg。当前,盐碱地种稻的许多科学问题亟待研究和探索,如何有效实现盐碱地水稻高产是人们关注的热点。针对东北地区的气候特点以及盐碱化土壤的特殊性,通过试验研究建立科学的栽培方法,对发展盐碱地水稻是十分必要的。为此,我们初步开展了覆膜栽培对盐碱地水稻生长的影响以及耗水规律的研究,旨在阐明该栽培方式在盐碱地种稻上的可行性,为未来盐碱地大规模开发种稻提供新型栽培模式。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验地点设在中国大安碱地生态试验站(N 45°35'58"~45°36'28",E 123°50'27"~123°51'31")站区内,该站位于吉林省大安市,地处松嫩平原腹地,气候为半湿润-半干旱温带大陆性季风气候,土壤类型为草甸盐碱土,土壤pH值多在8.5以上,试验地为开垦5年的盐碱地水田。

1.2 供试材料

供试土壤为中度苏打盐碱土,插秧前表层土壤(土:水=1:2.5)pH值8.76,有机质含量为10.8g/kg,碱解氮含量为45.2mg/kg,速效磷含量为7.9mg/kg,速效钾含量为90.0mg/kg。

供试水稻品种为中科院东北地理与农业生态研究所培育的东稻2号,2008年吉林省审定的耐盐碱水稻新品种。

1.3 试验设计

试验于2009年5-10月在田间进行,供试水田

面积1000m²,共设2个处理:即不覆膜处理CK和覆膜处理MC,每个处理重复5次,小区面积100m²。2009年5月15日整地,施底肥,覆膜。5月24日开始插秧,不覆膜处理为常规栽培,插秧密度为9×4(30cm×13.2cm),覆膜处理采用宽窄行栽培模式,膜宽150cm,2条膜间保持30~60cm间隔,膜上插秧密度为25cm×13.2cm,每穴插秧苗4~5株。正常田间管理,定期灌水,按时追施返青和分蘖肥,及时除草防治病虫害,各小区采用塑料隔板分开,实行单排单灌,10月5日收获并测产。

1.4 测试指标与方法

调查生物指标包括水稻从分蘖初期至抽穗期的株高、分蘖数;抽穗期水稻的抽穗率、剑叶相对叶绿素含量;成熟期实测产量及产量构成。

调查土壤指标包括水稻分蘖期土壤温度、电导率(EC)和pH值,水稻收获后土壤主要速效养分的含量。

调查水分指标包括水稻全生育期的灌排水量、蒸发量、蒸腾量以及耗水规律,水分利用率等。

水稻生物指标的测定均为常规方法,叶绿素相对含量采用SPAD502手持式叶绿素仪测定。土壤温度与EC采用原位电导率仪测定,土壤pH值采用电位法测定,土壤速效养分含量分层(0~5,5~10,10~20,20~40,40~60cm)采集土壤样品处理后采用常规化学分析方法测定。不同处理的耗水规律通过田间日监测水量平衡参数计算。

1.5 统计方法

全部试验数据采用DPS统计软件中Duncan新复极差法进行显著性分析,以Microsoft Excel软件进行绘图。

2 结果与分析

2.1 覆膜与常规2种栽培方式下水稻生长及产量的对比分析

从图1可以看出,在抽穗期之前(7月9-29日),覆膜栽培盐碱地水稻株高均略高于常规栽培,但二者之间差异并不显著,至抽穗期(8月12日),覆膜栽培水稻株高显著低于常规栽培。从图2可见,覆膜栽培盐碱地水稻的分蘖数量一直略低于常规栽培,从分蘖初期(7月9日)至抽穗初期(8月12日),覆膜栽培水稻的分蘖数量一直呈增加趋势,而常规栽培水稻的分蘖数至抽穗期则略有减少,说明常规栽培水稻具有较多的无效分蘖,而覆膜栽培可以抑制水稻的无效分蘖。盐碱地水稻的抽穗时间在2种不同栽培方式下具有较大差异(图3),从水稻初穗期至穗期结束(8月11-24日),覆膜栽培水稻

的抽穗率均显著高于常规栽培,表明覆膜栽培盐碱地水稻的抽穗期较为集中,覆膜可促进盐碱地水稻的抽穗。抽穗结束时,对不同栽培方式的水稻剑叶相对叶绿素含量测定表明,覆膜栽培盐碱地水稻剑叶相对叶绿素含量显著低于常规栽培(图4)。

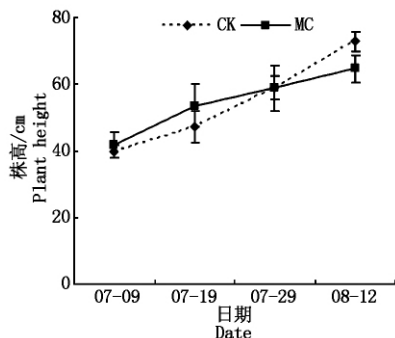


图1 常规与覆膜栽培不同时间水稻株高

Fig. 1 Plant height of rice under normal and mulching cultivation

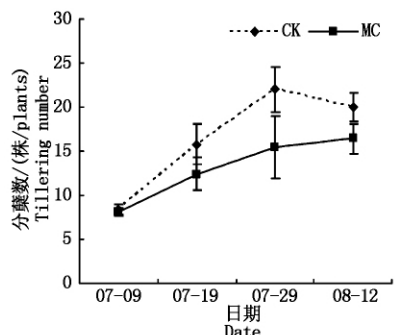
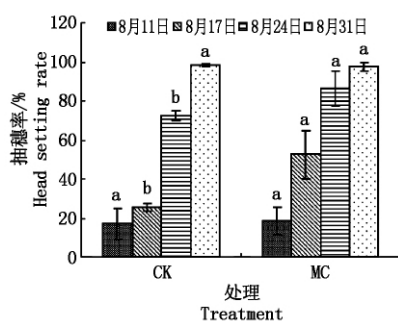


图2 常规与覆膜栽培不同时间水稻的分蘖数量

Fig. 2 Tillering number of rice under normal and mulching cultivation



图中字母表示同一时间不同处理的差异显著性 $P < 0.05$ 图4同。

The letters mean that the difference significant between treatments in the same time ($P < 0.05$), the same as Fig 4.

图3 常规与覆膜栽培不同时间水稻的抽穗率

Fig. 3 Head setting rate of rice under normal and mulching cultivation

水稻收获后,对常规栽培与覆膜栽培的水稻产量及产量构成因子进行的考种分析表明,覆膜栽培盐碱地水稻产量略低于常规栽培,但二者间没有显著差异(表1),水稻产量均在 $3 \sim 4 \text{ t/hm}^2$ 之间。覆膜栽培方式下,盐碱地水稻单位面积的穗数明显低于常规栽培,而水稻穗粒数和千粒质量均略高于常

规栽培。对水稻产量构成因素的进一步分析表明,盐碱地水稻的结实率低于 60% ,收获指数小于 0.4 ,二者均处于较低水平,究其原因,可能与该年度气温异常有关,由于2009年水稻插秧后经历了半个月以上的低温天气,造成水稻返青、分蘖以及抽穗时间均不同程度延迟,年内有效积温低是水稻结实率和收获指数低的重要原因。

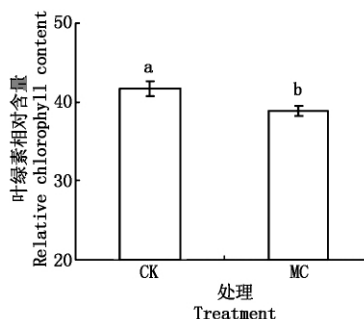


图4 常规与覆膜栽培水稻剑叶叶绿素相对含量

Fig. 4 Relative chlorophyll content of rice under normal and mulching cultivation

表1 覆膜与常规栽培产量及产量构成因素的对比分析

Tab. 1 Comparative analysis of rice yield and yield components under normal and mulching cultivation

产量及产量构成 Yield and yield components	处理/Treatment	
	常规/Normal cultivation(CK)	覆膜/Mulching cultivation(MC)
产量/(t/hm^2) Yield	$3.74 \pm 0.41 \text{ a}$	$3.19 \pm 0.18 \text{ a}$
穗数/(No./m^2) Panicles	$334.78 \pm 7.18 \text{ a}$	$255.44 \pm 7.18 \text{ b}$
穗粒数 Grains per panicle	$93.12 \pm 3.30 \text{ a}$	$96.24 \pm 2.36 \text{ a}$
千粒质量/g Thousand grains weight	$20.02 \pm 0.64 \text{ a}$	$20.58 \pm 0.41 \text{ a}$
结实率/% Seed setting rate	$52.32 \pm 7.43 \text{ a}$	$59.77 \pm 5.47 \text{ a}$
收获指数 Harvest index	$0.29 \pm 0.04 \text{ a}$	$0.36 \pm 0.03 \text{ a}$

注:不同字母表示不同处理间差异显著 $P < 0.05$ 。

Note: The different letters mean the difference significant between treatments $P < 0.05$.

2.2 盐碱地水稻覆膜与常规栽培方式下的土壤特性比较

水稻分蘖期的土壤监测表明,覆膜栽培表层土温略高于常规栽培,5~20 cm 土壤温度略低于常规栽培,但二者没有显著差异(图5)。分析原因可能由于覆膜减缓了地表对光的反射,起到保温的作用,但同时也影响了热量向深层土壤的传导。从不同深度土壤电导率和 pH 值的监测发现,覆膜栽培耕层土壤(0~15 cm)的 EC 和 pH 值均显著低于常规栽培(图6和图7)。随着土层深度的增加,二者间几乎没有差异。从图8可以看出,覆膜栽培方式下,0~60 cm 深度土层的有效磷含量和速效钾含量均略高于常规栽培,但2种不同栽培模式间并没有显著差异,说明覆膜有利于土壤磷钾养分的固定,可有效减少其径流损失。覆膜栽培方式下,耕层0~10 cm 土

壤碱解氮含量显著高于常规栽培,但 10 cm 以下土壤碱解氮含量略低于常规栽培,表明覆膜可有效抑制氮肥的挥发损失和向土壤深层淋洗,对于提高氮肥的利用率以及快速培育盐碱地水稻肥沃耕层具有较好的促进作用。

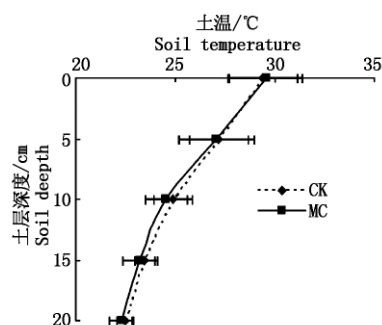


图 5 常规与覆膜栽培不同深度土壤温度变化

Fig. 5 Change of soil temperature under normal and mulching cultivation

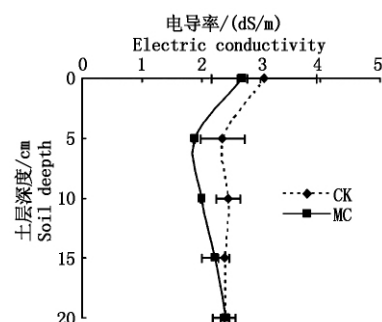


图 6 常规与覆膜栽培不同深度土壤电导率变化

Fig. 6 Change of soil electric conductivity under normal and mulching cultivation

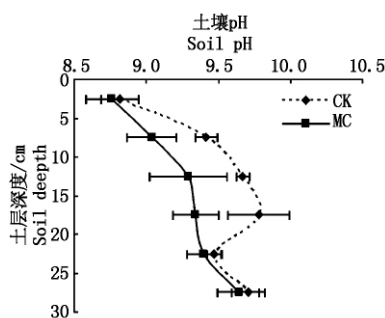


图 7 常规与覆膜栽培不同深度土壤 pH 值变化

Fig. 7 Change of soil pH under normal and mulching cultivation

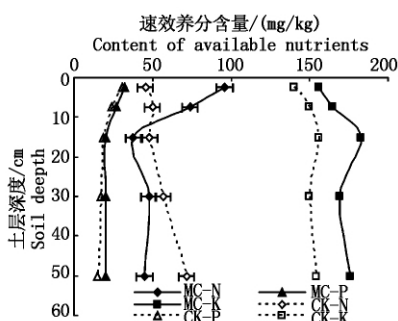


图 8 常规与覆膜栽培不同深度土壤速效养分变化

Fig. 8 Change of soil available nutrients under normal and mulching cultivation

2.3 盐碱地水稻覆膜与常规栽培的耗水规律比较

覆膜与常规不同栽培方式下,盐碱地水稻生长季水分渗漏、蒸发散(蒸发与蒸腾之和)变化如图 9 和图 10。从图中可以看出,覆膜与常规栽培的稻田渗漏量差异不大,具体表现为,水稻返青期,覆膜栽培渗漏量低于常规栽培,分蘖至成熟期略高于常规栽培,但水稻整个生长季的水分渗漏总量几乎没有差异。与渗漏不同,整个生长季覆膜栽培水稻的蒸发散均低于常规栽培,尤以水稻分蘖期差异显著,覆膜栽培可较常规栽培蒸发散降低 36.9%,水稻整个生长季可减少灌溉用水 146 mm,极大地减少了灌溉水量,提高了水分生产力。表明盐碱地水稻覆膜栽培具有抑制蒸发散,降低灌溉水量,节约用水的作用。

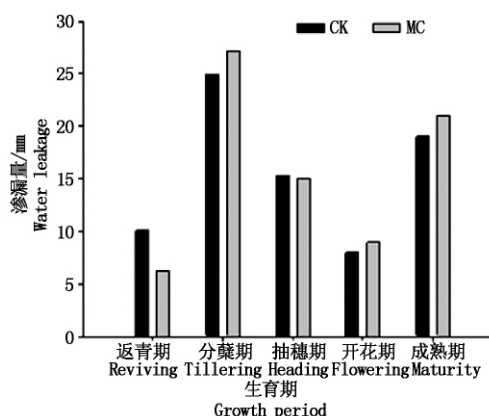


图 9 常规与覆膜栽培稻田水分渗漏变化

Fig. 9 Change of water leaking under normal and mulching cultivation

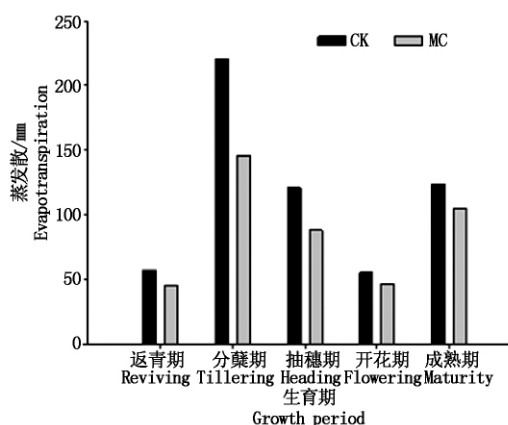


图 10 常规与覆膜栽培下水稻生长季的蒸发散

Fig. 10 Change of Evapotranspiration under normal and mulching cultivation

通过对水稻全生育期耗水量的计算表明,盐碱地稻田水分渗漏损失相对较小,无论常规栽培还是覆膜栽培,稻田水分渗漏速率均低于 1 mm/d,因此,田间水分损失主要途径为蒸发散,且表现为蒸发量大于蒸腾量。从图 10 可见,稻田蒸发散最大量集中于水稻分蘖期,主要由于该阶段气温较高,田间植物覆盖率相对较小,因此,覆膜可较常规栽培显著降低

田间蒸发,达到节水的目的。

3 讨论与结论

水稻覆膜栽培作为节水农业的一项关键技术,得到了国内外学者的广泛关注和研究^[4-9],但关于覆膜对水稻产量的影响,目前尚无统一的结论。沈康荣等^[7]的研究结果显示水稻覆膜湿润栽培提高了地温,有效增加结实穗数,增产效应明显;但是也有结果表明水稻覆膜后籽粒产量明显或略低于常规淹水栽培^[4,15]。松嫩平原西部盐碱地大规模开发种稻目前尚处于起步阶段,关于盐碱地水稻覆膜栽培的研究,到目前为止未见报道。本研究通过初步试验发现,盐碱地水稻覆膜栽培明显降低了土壤 pH 值和盐分含量,有利于水稻植株前期的生长。但是覆膜对于提高盐碱地土壤温度方面效果并不明显,究其原因,可能由于当年水稻插秧后反复多次出现低温天气,为防止冻害发生,覆膜与常规栽培处理均保持了较长时间的灌溉水层,因此造成覆膜栽培的增温效果不明显。

关于覆膜栽培对盐碱地水稻植株生长特性的影响,本研究表明,覆膜栽培水稻后期的株高略低于常规栽培,分蘖数量略少于常规栽培,但抽穗期较为集中,同期测定的抽穗率显著高于常规栽培。从水稻收获后的产量及其构成要素的分析来看,盐碱地水稻覆膜栽培更有利于促进水稻的生殖生长,虽然覆膜栽培水稻产量略低于常规栽培,但该处理的水稻穗粒数、千粒质量、结实率和收获指数均略高于常规栽培。究其原因,一方面可能由于覆膜为便于田间作业,采用了宽窄行栽培模式,改变了插秧密度,导致膜上密度增大,抑制了水稻分蘖,前期分蘖数少致使后期结穗数减少,造成水稻产量略低于常规栽培;另一方面,覆膜栽培造成水稻后期施肥困难,抽穗期剑叶相对叶绿素含量显著低于常规栽培(图 4),可能是由于覆膜抑制了追施氮肥的入渗,造成后期植株供氮的不足^[16],覆膜处理水稻收获后土壤表层速效氮大量积累(图 8)也说明了这一点。

与常规栽培相比,盐碱地水稻覆膜栽培具有显著的节水、抑盐作用。从水稻全生育期耗水量来看,在保持相同产量的条件下,覆膜栽培可较常规栽培节水 17%,节水效果明显。以水稻分蘖期为例,覆膜栽培处理表层土壤(0~10 cm)电导率 EC 较常规栽培处理下降了 0.35~0.48 dS/m,土壤 pH 值下降了 0.3 个单位,这可能与覆膜栽培有效抑制田面水分蒸发,减缓了土壤盐分向表层移动有关。土壤速效养分的测试表明,覆膜栽培处理耕层土壤速效养

分含量均高于常规栽培处理,说明覆膜有利于降低盐碱地养分径流损失,具有培肥土壤的作用。

综上所述,在盐碱地水稻种植上,覆膜栽培具有节水、抑盐的作用,但要真正实现盐碱地水稻的高产,还要充分考虑覆膜栽培水稻的合理插秧密度以及肥料的有效施用问题。因此,盐碱地水稻覆膜栽培如何确定合理的插秧密度,如何进行氮肥的合理施用等很值得今后进一步深入研究。

参考文献:

- [1] 金千瑜, 欧阳由南. 我国发展节水型稻作的若干问题探讨[J]. 中国稻米, 1999, 27(1): 9-12.
- [2] 张启瞬, 沈振荣. 中国农业持续发展的水危机及其对策[J]. 作物杂志, 1997(6): 9-12.
- [3] Bouman B A M, Tuong T P. Field water management to save water and increase its productivity in irrigated rice[J]. Agric Water Management, 2001, 49(1): 11-30.
- [4] Tao H B, Dittert K, Zhang L M, et al. Effects of soil water content on growth, tillering and manganese uptake of low-land rice grown in the water-saving ground cover rice production system (GCRPS) [J]. J Plant Nutr Soil Sci, 2007, 170(1): 7-13.
- [5] Tao H B, Brueck H, Dittert K, et al. Growth and yield formation of rice (*Oryza sativa* L.) in the water-saving ground cover rice production system (GCRPS) [J]. Field Crops Res, 2006, 95(1): 1-12.
- [6] 路兴花, 吴良欢, 刘 铭, 等. 覆膜旱作对水稻生长发育及某些生理特性的影响[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2002, 28(6): 609-614.
- [7] 沈康荣, 汪晓春, 刘 军, 等. 水稻全程地膜覆盖湿润栽培法增产因子及关键栽培技术的研究[J]. 华中农业大学学报, 1997, 16(6): 547-551.
- [8] 黄新宇, 徐阳春, 沈其荣, 等. 不同地表覆盖旱作水稻和水作水稻水分利用效率的研究[J]. 水土保持学报, 2003, 17(3): 140-143.
- [9] 金千瑜, 欧阳由男, 张国平. 覆膜旱栽水稻的产量与生育表现研究[J]. 浙江大学学报, 2002, 28(4): 362-368.
- [10] 陈恩凤, 王汝庸, 胡思敏. 吉林省郭前旗灌区苏打盐渍土的改良[J]. 土壤学报, 1962, 10(2): 201-214.
- [11] 王遵亲, 祝寿泉, 俞仁培, 等. 中国盐渍土[M]. 北京: 科学出版社, 1993.
- [12] 熊 毅. 中国土壤[M]. 北京: 科学出版社, 1978.
- [13] 王志春, 孙长占, 李秀军, 等. 苏打盐碱地水稻开发综合技术模式[J]. 农业系统科学与综合研究, 2003, 19(1): 56-59.
- [14] 杨 福, 梁正伟. 关于吉林省西部盐碱地水稻发展的战略思考[J]. 北方水稻, 2007, 6: 7-12.
- [15] 黄义德, 张自立, 魏凤珍. 水稻覆膜旱作的生态生理效应[J]. 应用生态学报, 1999, 10(3): 305-308.
- [16] Zhang Z C, Zhang S F, Yang J H, et al. Yield, grain quality and water use efficiency of rice under nonflooded mulching cultivation [J]. Field Crops Res, 2008, 108(1): 71-81.