

粮-草轮作对吉林省西部盐渍化土壤的改良效果

李楠, 李强, 刘春光, 张秀芝, 高洪军, 彭畅, 任禾*

(吉林省农业科学院, 长春 130033)

摘要: 采用田间小区试验, 研究了苜蓿、玉米轮作对吉林省西部中度苏打盐碱土的培肥改良效果。结果表明: 中度碱土进行粮-草轮作后, 土壤物理、生物和化学性状都得到明显改善, 土壤容重呈现逐渐下降的趋势, 孔隙度则逐渐增加; 土壤化学性质的变化表现为 pH 值、总碱度、交换性钠等指标下降较大, 交换性钙含量增加; 土壤脲酶和磷酸酶活性明显增强, 玉米产量呈稳定增加的趋势。说明粮-草轮作对中度盐渍化土壤具有较好的综合培肥改良效果, 适用于吉林西部盐碱土的培肥改良。

关键词: 轮作; 中度盐碱土; 土壤改良; 吉林省西部

中图分类号: S156.4

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2019)05-0038-05

Improvement Effect of Grain-Grass Rotation on Salinized Soil in the Western of Jilin Province

LI Nan, LI Qiang, LIU Chunguang, ZHANG Xiuzhi, GAO Hongjun, PENG Chang, REN He*

(Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: Field plot experiment was used to study the effect of alfalfa and maize rotation on improving fertilizer cultivation of moderate soda-salinic soil in the western of Jilin Province. The results indicated that the soil physical, biological and chemical properties were significantly improved after the grain-grass rotation in moderately alkaline soil, soil bulk density showed a gradual decline trend and porosity increased gradually. The changes of soil chemical properties showed that the pH value, total alkalinity and exchangeable sodium decreased significantly, the content of exchangeable calcium increased. The activities of soil urease and phosphatase were significantly increased, and the maize yield showed a steady increase trend. So grain-grass rotation had better comprehensive fertilizer improvement effect on moderately alkaline soil, which was suitable for the improvement of saline-alkali soil in the western of Jilin Province.

Key words: Rotation; Aline-alkali soil; Soil improvement; The western of Jilin province

从行政区域来看,吉林省盐渍化土壤主要分布在西部的白城市和松原市所属的9个县(市、区),根据最新卫星图像解译和土壤调查,区内现有盐碱地土地面积373.3万公顷,其中中度和重度盐碱化土地占盐碱化土地面积的67.4%,且重度盐碱化土壤面积每年仍以1.4%的速度扩增^[1]。建国后我国土壤科技工作者在吉林西部内陆盐碱土改良利用方面已做了大量工作,提出在进行合理的农田基本建设的基础上,轻度和中度盐碱土完全可以开发为农田。轻度盐碱化土壤开垦后种植

玉米、向日葵、甜菜、高粱等旱田作物;在地表水和地下水资源丰富的地带开发种植水稻;中度和强度盐碱化土壤,少部分开垦种稻,大部分为草地或荒地^[2]。但开垦的农田存在土壤板结、通透性差、土壤有机质和养分含量低的问题^[3]。盐渍化土壤治理的主要途径在于兴修水利,引水排水洗盐排碱,但修建大型水利工程,大面积进行盐碱地水稻开发需投入较多的资金,同时也受水资源及配给的限制;进行封育轮牧、施用化学改良剂等改良中轻度盐碱土也有很好的改良效果^[4],但这些方法对于旱作盐碱土存在改良速度慢、经济效益不显著等问题。本文提出以粮-草轮作的措施进行改土培肥,并进行了田间试验,现将结果报道如下。

收稿日期: 2019-05-04

基金项目: 吉林省科技厅重大招标专项(20170203002NY)

作者简介: 李楠(1982-),女,助理研究员,硕士,主要从事作物遗传育种研究。

通讯作者: 任禾,女,副研究员, E-mail: ymrenhe@126.com

1 材料与方 法

1.1 田间试验与供试土壤

试验地点位于吉林省乾安县赞字乡父字村,为开垦 50 年左右的耕地。土壤类型为中位(中度)苏打草甸碱土。基础土壤理化性状见表 1。

表 1 供试土壤基础理化性状

取土深度 (cm)	水溶盐分 (cmol/kg 土)					土壤理化性状				
	含盐量 (%)	CO ₃ ²⁻ + HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Na ⁺	碱化度 (%)	有机质 (g/kg)	全 N (g/kg)	容重 (g/cm ³)	孔隙度 (%)	pH
0 ~ 20	0.39	4.36	0.11	4.15	39.42	15.9	0.8	1.22	45.50	9.2
21 ~ 65	0.29	1.73	0.31	3.11	34.33	6.4	0.3	1.46	43.21	10.4
60 ~ 150	0.22	1.72	0.30	0.68	35.04	5.2	0.2	1.51	40.44	9.7

1.2 试验方法

试验设 5 个处理:对照(连年清种玉米);苜蓿-玉米 1:4 轮作(第 1 年种苜蓿、翌年开始种植玉米);苜蓿-玉米 2:3 轮作(前 2 年种苜蓿、后 3 年种植玉米);苜蓿-玉米 3:2 轮作(前 3 年种苜蓿、第 4 年开始种植玉米);苜蓿-玉米 4:1 轮作(种 4 年苜蓿、第 5 年始种植玉米)。供试作物品种:玉米为先玉 335,牧草为公农 1 号紫花苜蓿。小区面积 100 m²(8 行区,行距 65 cm),3 次重复,随机排

列,田间区划见图 1。试验始于 2012 年,连续进行 5 年,每年 9 月中、下旬收割苜蓿测鲜重,挖取 0 ~ 20 cm 耕层根系称重,玉米正常收获、测产;同时于各小区采集土壤样品,采样方法为每小区随机采 7 个点,采样深度 20 cm;将土样混合均匀后采用四分法淘汰后保留 1 kg,装袋记录后带回实验室分析;翌年春季施肥起垄,用手提式玉米播种器播种玉米,正常田间管理。

2:3 苜蓿(2012 ~ 2013) 玉米(2014 ~ 2016)	1:4 苜蓿(2012)玉米 (2013 ~ 2016)	4:1 苜蓿(2012 ~ 2015) 玉米(2016)	3:2 苜蓿(2012 ~ 2014) 玉米(2015 ~ 2016)	CK 玉米清种(对照)
过道 1 米				
1:4 苜蓿(2012)玉米 (2013 ~ 2016)	3:2 苜蓿(2012 ~ 2014) 玉米(2015)	玉米清种(对照)	2:3 苜蓿(2012 ~ 2013) 玉米(2014 ~ 2016)	4:1 苜蓿(2012 ~ 2015) 玉米(2016)
过道 1 米				
玉米清种(对照)	2:3 苜蓿(2012 ~ 2013) 玉米(2014 ~ 2016)	1:4 苜蓿(2012) 玉米(2013 ~ 2016)	4:1 苜蓿(2012 ~ 2015) 玉米(2016)	3:2 苜蓿(2012 ~ 2014) 玉米(2015 ~ 2016)

图 1 粮-草轮作试验田间示意图

1.3 测定方法

容重采用环刀法,pH 值测定用酸度计法,交换性钠用 NH₄OAc-NH₄OH 法,CEC 用 EDTA-铵盐法,总碱度用双指示剂滴定法,可溶盐总量采用质量法;有机质采用重铬酸钾-硫酸消化法,全氮用开氏消煮法,土壤脲酶活性用靛酚蓝比色法,土壤磷酸酶活性用磷酸苯二钠比色法,土壤过氧化氢酶活性用高锰酸钾滴定法,土壤蔗糖酶活性用二硝基水杨酸比色法测定(以 37℃ 下单位土壤质量 24 h 释放的葡萄糖毫克数表示 mg/g·d)。

2 结果与讨论

2.1 粮草轮作对作物产量的影响

吉林省西部苏打草甸碱土土壤肥力低、碱性大,纳入豆科作物参与轮作进行改土培肥治碱是一项成功的经验,在该区已实践多年并取得了较

好的效果。本试验以公农 4 号紫花苜蓿为轮作试材,主要是利用其生物产量高,根系强大和耐盐碱的特性。试验处理第一年,各处理小区紫花苜蓿播种后出苗良好,生长旺盛,1 年生紫花苜蓿鲜草产量达 1 125 kg/hm²,根系鲜重近 1 吨;2 年生紫花苜蓿鲜草产量达 4 230 kg/hm²,较 1 年生苜蓿鲜草产量增加 3 105 kg/hm²,提高近 2.8 倍,根系鲜重达 5 700 kg/hm²,较 1 年生紫花苜蓿根系鲜重增重 5.8 倍;3、4 年生紫花苜蓿鲜草和根系鲜重分别达到 10 500 kg/hm²、12 440 kg/hm² 和 12 500 kg/hm²、12 790 kg/hm²,较草-粮 1:4 轮作处理苜蓿鲜草重分别增加 9 和 10 倍,地下根系鲜重增加的速度要明显高于地上部分,达到 12 倍之多;随着紫花苜蓿生物量的增加,对盐碱土的培肥改良作用也凸显出来,草茬玉米的产量不断提高。不同轮作处理的玉米产量见表 2,玉米产量以 4:1(种植 4 年

苜蓿后种植玉米)处理为最高,较清种玉米增产16.6%,其它轮作处理玉米产量也明显高于对照

(清种玉米),说明粮草轮作可稳定增加玉米产量,提高经济效益。

表2 玉米—苜蓿轮作试验耕层土壤全盐含量和组成分析结果及作物产量

理	含盐量 (%)	水溶盐分 (cmol/kg 土)			碱化度 (%)	pH	苜蓿产量 (kg/hm ²)		玉米产量* (kg/hm ²)
		CO ₃ ²⁻ +HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Na ⁺			鲜草	根系	
试前	0.39	4.36	0.11	4.15	39.42	9.2	—	—	5 000
CK	0.32	3.90	0.18	4.00	35.80	9.0	—	—	6 680
1:4	0.23	3.50	0.18	3.55	32.44	9.0	1 125.0	987.0	7 400
2:3	0.18	3.54	0.20	3.20	32.10	8.7	4 230.0	5 700.0	7 542
3:2	0.18	3.46	0.21	3.01	30.11	8.7	10 500.0	12 440.0	7 650
4:1	0.15	2.51	0.18	3.14	31.05	8.5	12 500.0	12 790.0	7 788

※表中数据为多年平均值

2.2 对土壤化学性状的影响

吉林省西部盐碱土多为苏打盐碱土,盐分主要组成是 Na₂CO₃ 和 NaHCO₃, CO₃²⁻+HCO₃⁻ 和 Na⁺ 含量决定着土壤的 pH 值等性状^[5]。碳酸根离子 (CO₃²⁻)、重碳酸根离子 (HCO₃⁻) 和金属钠离子 (Na⁺) 含量越高,土壤的碱性也就越强,改良这样的碱土,如果不消除 Na₂CO₃ 和 NaHCO₃ 的影响,就无法使碱土向好的方向转化^[6],因此,改良碱土必须要从改碱开始。豆科牧草参与轮作后,明显改善盐渍土壤的盐分组成,特别是表层土壤的化学性状。具体表现在表层土壤的总含盐量、碱化度、pH、总碱度和活性钙、钠离子含量变化上;不同处理耕层土壤全盐含量变化最大,草-粮 1:4 轮作处理较对照降低 28.1%,2:3、3:2 处理耕层土壤全盐含量较对照降低 43.8%,4:1 处理耕层土壤全盐含量较对照降低 53.1%。合理进行粮草轮作,不仅耕层土壤全盐量表现为明显降低,土壤水溶性盐分含量、组成也产生了较大的变化,主要是耕层土壤活性钠离子含量下降,而活性钙离子含量增加(表2)。同时耕作层土壤的碱化度、pH 也表现为下降;土壤碱化度是土壤胶体上吸附的交

换性 Na⁺ 占阳离子交换量的百分率,决定着土壤的 pH 值等性状^[6],土壤碱化度高,土壤多呈较强的碱性反应,是盐碱土分类、利用、改良的重要化学指标^[7]。本试验结果看出,草-粮轮作可以明显改善耕层土壤的化学性质,耕层土化学性质的改良为作物生长创造了良好的土壤环境。

2.3 对土壤物理性状和养分的影响

盐碱土开发利用途径很多,从化学改良、引水洗盐排碱、封育轮牧等等都取得过较好的改良效果,利用生物措施(轮作仅是其一)也是一项可以推广利用的盐碱土开发利用模式。本试验在中度盐碱土上进行,粮-草轮作主要是增加了土壤的生物量,同时增加了有机物质的还田数量,当豆科作物的根及其分泌物、凋落物进入到土壤中后,主要是增加了土壤有机质和土壤养分,其中以耕层土壤全氮和速氮、速效磷含量增加最为明显;耕层土壤有机质含量最高(4:1 轮作)5 年增加 4.2 g/kg,平均年增加 5.8%,在土壤有机质含量较低的情况下这个数值有一定的可信度。土壤养分是土壤提供能被植物直接或间接吸收的必需的营养元素的条件,本试验不同比例的粮草轮作定

表3 玉米—苜蓿轮作试验耕层土壤理化性状变化

处理	OM (g/kg)	土壤理化性状						
		全 N (g/kg)	全 P ₂ O ₅ (g/kg)	全 K ₂ O (g/kg)	速 N (mg/kg)	速 P ₂ O ₅ (mg/kg)	总孔隙度 (%)	容重 (g/cm ³)
试前	14.5	0.72	0.56	22.3	55.7	14.4	51.2	1.24
CK(清种玉米)	14.5	0.73	0.58	22.1	67.4	15.2	52.3	1.24
1:4	14.6	0.84	0.72	22.2	74.5	16.2	54.1	1.20
2:3	15.7	1.02	0.61	22.3	88.6	25.3	54.5	1.15
3:2	16.4	1.22	0.66	22.1	98.3	24.6	55.2	1.17
4:1	18.7	1.18	0.68	22.2	102.4	28.4	55.7	1.20

位,表现为耕层土壤全氮、速氮和速效磷含量增加显著,而且表现为植草比例越大土壤全氮、速氮和速效磷含量增加越明显;与对照比,耕层土壤全氮最高增加67.1%(3:2处理),速氮增加51.9%(4:1处理),速效磷含量增加近一倍(4:1处理)。粮草轮作在改善了土壤养分供应能力的同时也明显改善了土壤的物理性状,表现为孔隙度增加,容重下降(表3)。土壤结构的改善和土壤肥力水平的提升可有效控制土壤毛管水的上升,进而减少地表蒸发,抑制盐分表聚,相对也就促进了盐分淋洗,达到形成一个相对肥沃的淡化土壤表层的目的,促进耕层土壤微生物的活动,不但有利于作物生长,而且有利于排水洗盐。

2.4 对土壤酶活性的影响

土壤酶活性是评价土壤生物活性和土壤肥力的重要指标,也是土壤生物肥力的指标之一^[8]。在盐渍化土壤改良利用过程中,任何促进土壤酶活性增强的措施都可以视为是促进土壤代谢,促进土壤养分形态、盐分组成发生变化,进而提高土壤肥力,改善土壤性质的一项重要方式。

2.4.1 脲酶

土壤脲酶活性多用来表示土壤的供氮能力^[9],本试验条件下,所有加入紫花苜蓿参与的轮作处理耕层土壤脲酶活性均高于CK(清种玉米),表明豆科牧草参与轮作能增加土壤脲酶的活性,其中以4:1处理的土壤脲酶活性最高(图2),表明连年种植豆科作物并翻埋到土中能显著促进土壤脲酶活性的提高。

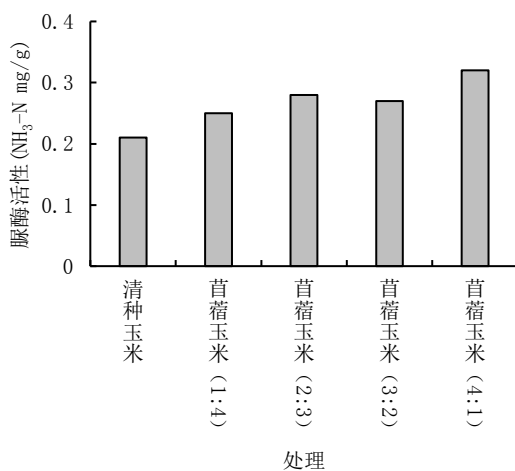


图2 不同处理对耕层土壤脲酶活性的影响

2.4.2 磷酸酶

磷酸酶对土壤磷素的有效性具有重要作用,可加速有机磷的脱磷速度^[10]。各处理间仍以苜蓿-玉米4:1处理的土壤磷酸酶活性为最高,这主

要与豆科作物参与轮作且其本身含有较高的磷酸酶有关(图3)。

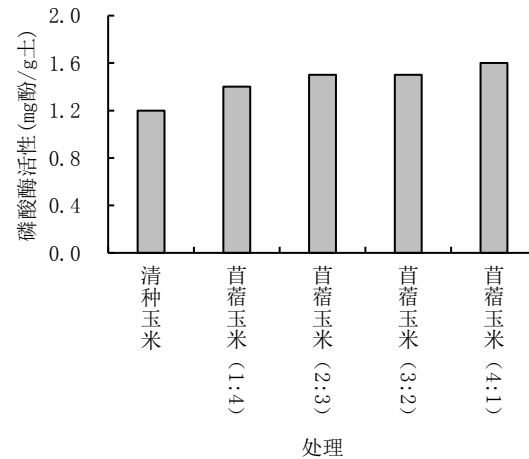


图3 不同处理对耕层土壤磷酸酶活性的影响

2.4.3 蔗糖酶

蔗糖酶又名转化酶,它对增加土壤中易溶性营养物质起着重要作用^[11]。研究表明,各处理转化酶活性均高于对照(CK),以2:3和3:2处理对增加转化酶活性效果最显著(图4)。主要是豆科牧草翻埋到土中后能为转化酶提供更多的酶促基质,提高酶活性,加快了有机质的转化。

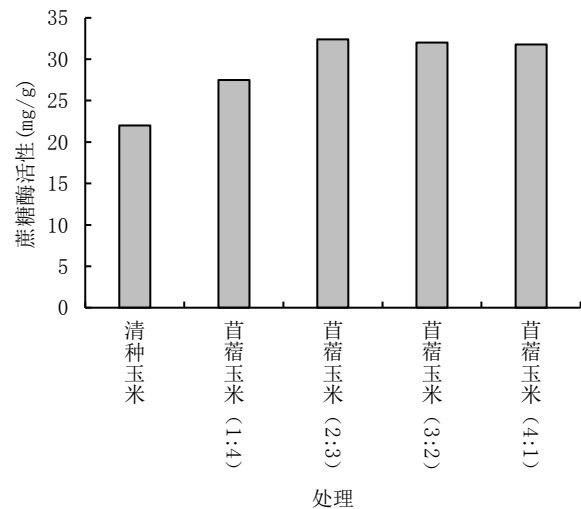


图4 不同处理对耕层土壤蔗糖酶活性的影响

2.4.4 过氧化氢酶

过氧化氢酶是参与土壤中物质和能量转化的一种重要氧化还原酶,在一定程度上可以表征土壤生物氧化过程的强弱。由图5可见,与对照相比,粮草轮作处理可以提高土壤过氧化氢酶的活性,提高土壤生物氧化能力。处理间的土壤过氧化氢酶活性的次序为4:1>3:2,2:3>1:4>CK,表明轮作能增强土壤微生物的物质分解代谢能力,促进土壤营养物质循环。

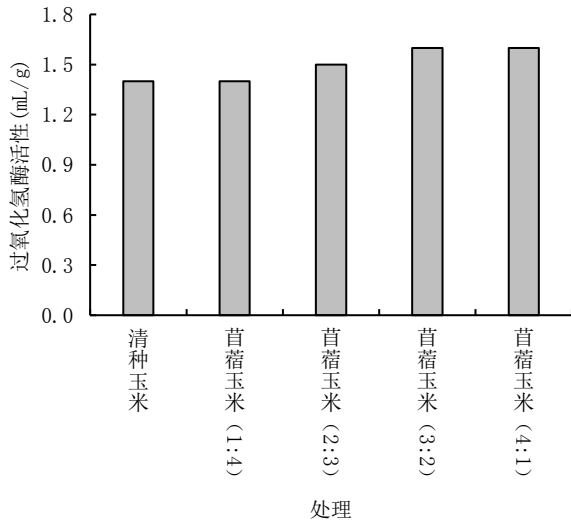


图5 不同处理对耕层土壤过氧化氢酶活性的影响

加入豆科牧草进行轮作, 苜蓿茎叶和根系及其根系分泌物给土壤生物提供了能源与基质, 增强了土壤脲酶、磷酸酶、过氧化氢酶和转化酶的活性, 从而促进了土壤新陈代谢, 改善了土壤生物肥力。因此, 对盐渍化土壤进行轮作对改善土壤肥力、提高作物产量有较好的效果。

3 结 论

在中度盐渍化土壤上通过粮-草轮作, 利用豆科作物紫花苜蓿逐渐增强的生物量和固氮作用, 可以显著提高土壤中作物所需养分的含量, 土壤化学、物理肥力和生物肥力都有所提升, 加速耕层土体脱盐熟化进程, 在旱田同样逐步形成了一个淡化肥沃耕层, 耕层土壤理化生化性状随豆科作物紫花苜蓿轮作年限的增加得以逐年改善, 其

改土培肥治碱效果也越为突出, 玉米产量也随之相应提高, 最终可形成高产高效农田。

参考文献:

- [1] 李秀军. 松嫩平原西部土地盐碱化与农业可持续发展[J]. 地理科学, 2000, 20(1): 51-55.
- [2] 刘宏, 刘剑钊, 闫孝贡, 等. 盐碱土改良与利用技术研究进展[J]. 吉林农业科学, 2012, 37(2): 20-23.
- [3] 孙云云, 高玉山, 窦金刚, 等. 改良剂对吉林省西部盐碱旱作农田土壤改良的研究[J]. 吉林农业科学, 2013, 38(6): 34-37, 40.
- [4] 雒鹏飞, 高勇, 宋凤斌, 等. 吉林省西部盐碱土资源开发利用中的若干问题[J]. 吉林农业大学学报, 2004, 26(6): 659-663.
- [5] 耿玉辉, 李万辉, 张葛. 土壤改碱剂CLS对吉林省西部苏打盐碱土的改良效果, 吉林农业大学学报, 2008, 30(1): 56-58.
- [6] 赵兰坡, 尚庆昌, 李春林. 松辽平原苏打盐碱土改良利用研究现状及问题[J]. 吉林农业大学学报, 2000, 22(专辑): 79-85.
- [7] 肖延华, 王晶. 吉林省盐渍土的障碍因素及其改良利用[J]. 吉林农业科学, 1995(3): 60-63.
- [8] Kautz T, Wirth S, Ellmer F. Microbial activity in a sandy arable soil is governed by the fertilization regime[J]. European Journal of Soil Biology, 2004, 40: 87-94.
- [9] 贾伟, 周怀平, 解文艳, 等. 长期有机肥配施对褐土微生物生物量碳、氮及酶活性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(4): 700-705.
- [10] 王淑英, 樊庭录, 丁宁平, 等. 长期定位施肥对黄土旱塬黑垆土土壤酶活性的影响[J]. 土壤通报, 2011, 42(2): 307-310.
- [11] 孙瑞莲, 赵秉强, 朱鲁生, 等. 长期定位施肥田土壤酶活性的动态变化特征[J]. 生态环境, 2008, 17(5): 2059-2063.
- [12] 王栓庄, 徐树贞. 麦田秸秆覆盖的作用及其节水效应的初步研究[J]. 干旱地区农业研究, 1989(2): 7-15.
- [13] 张志田, 高绪科, 蔡典雄, 等. 旱地麦田保护性耕作对土壤水分状况影响研究[J]. 土壤通报, 1995(5): 200-203.
- [14] 冷石林, 韩仕峰, 王立祥. 中国北方旱地作物节水增产理论与技术[J]. 北京: 中国农业科技出版社, 1996: 143-150.
- [15] 陈素英, 张喜英, 孙宏勇, 等. 华北平原秸秆覆盖冬小麦减产原因分析[J]. 中国生态农业学报, 2013, 21(5): 519-525.
- [16] 薛利红, 曹卫星, 罗卫红, 等. 光谱植被指数与水稻叶面积指数相关性的研究[J]. 植物生态学报, 2004, 28(1): 47-52.
- [17] 康安新, 康建宏, 吴宏亮, 等. 宁夏灌区春小麦品种更替中群体光合性能的演替规律研究[J]. 农业科学研究, 2008, 29(2): 9-14.
- [18] 淮北地区小麦超高产群体生长特性分析[J]. 麦类作物学报, 2015, 35(2): 231-238.
- [19] 金维光. 移栽与直播玉米的生长分析——同化产物的分配过程与产量形成的生理基础[J]. 辽宁农业科学, 1979(5): 12-19.
- [20] 春玉米优化栽培措施对群体光合性能的影响[J]. 华北农学报, 1999, 14(4): 92-102.
- [21] 任正隆, 李尧权. 小麦开花后的物质积累、子粒相对生长率和灌浆速度在品种间的变异[J]. 中国农业科学, 1981, 14(6): 12-20.