

半干旱区‘冀谷 31’微集水种植增产机理研究

夏雪岩¹, 李顺国¹, 刘恩魁², 师志刚¹, 张德荣², 张 婷¹, 陈 媛¹, 杨起旺²,
庞素芬², 刘 芳², 连启超², 张 敏², 赵建所², 程汝宏¹

(1. 河北省农林科学院谷子研究所, 国家谷子改良中心/河北省杂粮研究实验室, 河北 石家庄 050031;

2. 河北省武安市农牧局, 河北 武安 056300)

摘要: 以夏谷区主栽品种冀谷 31 为材料, 通过测定微集水种植和露地栽培(对照)的农艺性状、经济性状、干物重、光合速率、叶面积系数、土壤水分含量、土壤温度和叶绿素含量, 探讨武安市半干旱区微集水种植的增产机理, 为该技术在半干旱夏谷区的推广应用提供科学依据。结果表明: 微集水种植较对照增产 16.28%, 土壤水分含量在 10~20 cm 深度提高 10% 以上, 膜内土壤温度最高升高 2.4℃, 净光合速率提高 15.44%, 叶面积指数提高 11.5%, SPAD 值提高 10.07%。因此, 微集水种植具有显著增产的作用, 其生理机制在于: 微集水种植起到了保墒升温作用, 促进了植株的生长发育; 提高了净光合速率和叶面积指数, 促进了根茎叶穗的干物质积累; 在此基础上单穗重、穗粒重、出谷率、亩穗数经济性性状得到提高; 后期提高了功能叶片的叶绿素含量, 防止了早衰, 减少了秕谷。因此将微集水种植作为半干旱地区谷子生产的主要方式之一具有科学依据, 应积极进行推广。

关键词: 微集水种植; 谷子; 土壤水分; 土壤温度; 光合速率; 叶面积指数; 产量

中图分类号: S341.7; S515.34 **文献标志码:** A

Yield increasing effect of rainfall micro-catchments on the foxtail millet cultivar Jigu 31 in semiarid area

XIA Xue-yan¹, LI Shun-guo¹, LIU En-kui², SHI Zhi-gang¹, ZHANG De-rong², ZHANG Ting¹, CHEN Yuan¹,
YANG Qi-wang², PANG Su-fen², LIU Fang², LIAN Qi-chao², ZHANG Min², ZHAO Jian-suo², CHENG Ru-hong¹

(1. Institute of Millet Crops, Hebei Academy of Agricultural and Forestry Science, National Millet Improvement

Center/Minor Cereal Crops Laboratory of Hebei Province, Shijiazhuang, Hebei 050031, China;

2. Wuan City Agriculture Livestock Bureau of Hebei Province, Wuan, Hebei 056300, China)

Abstract: In this study, Jigu 31, one of the main cultivars in summer millet area, was used as experimental material, and agronomic characters, economic characters, dry matter weight, photosynthetic rate, leaf area coefficient, soil water content, soil temperature and chlorophyll content were measured, with the aims to investigate the yield increasing effect of rainfall microcatchment, and thus provide a scientific basis for technique application in the semiarid summer-millet area. The results showed that in comparison with that of CK, the yield of microcatchment treatment was increased by 16.28%, soil water content in the 10~20 cm depth 10%, net photosynthetic rate 15.44%, LAI 11.5%, SPAD 10.07%, respectively. Therefore, rainfall microcatchment has a significant effect on yield, with the physiological mechanism explained as follows. Rainfall microcatchment has favorable effect on water and heat conservation, thus promoting plant growth and development by improved net photosynthetic rate and leaf area index. In addition, dry matter accumulation of root and shoot, number of spikelets and spike grain weight and grain rate were increased. Therefore, rainfall water microcatchment can be used as an option for millet growing in semiarid area.

Keywords: rainfall microcatchment; foxtail millet; soil water; soil temperature; photosynthetic rate; LAI; yield

收稿日期: 2014-06-24

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项经费项目(201303133-1-6)资助; 国家科技支撑计划项目(2014BAD07B01)

作者简介: 夏雪岩(1978—), 河北故城人, 副研究员, 研究方向为谷子栽培与遗传育种。E-mail: xyxia7808@126.com。

通信作者: 程汝宏(1963—), 河北卢龙人, 研究员, 从事谷子遗传育种与栽培研究。E-mail: rhcheng63@126.com。

李顺国(1978—), 河北徐水人, 研究员, 从事谷子栽培与经济评价研究。E-mail: lishunguo76@163.com。

武安是河北省谷子种植面积最大的县级市,目前常年种植面积在2万 hm^2 左右,谷子生产已成为武安的特色产业之一。但是武安的谷子单产低而不稳,其原因在于武安地属太行山半干旱丘陵地区,谷子生产主要依赖雨养,然而其年平均降雨量仅在560 mm左右,主要集中在7-8月份,降雨分布不均,且十年九旱,属典型的旱作农业区^[1-2]。要提高武安的谷子单产必须从水分要素入手,集水、蓄水、节水;从时间和空间上,充分接收和贮存有限的降水,减少无效蒸发,提高自然降水的利用效率,这是旱区谷子生产发展的基本途径。微集水种植技术是甘肃省基于半干旱地区降雨状况和生产实际而研发的一项集雨保墒技术,是一种地块内集水农业技术,即在田间修筑沟垄、垄面覆膜、沟内种植作物的方式,具有较好的集雨、蓄水保墒效果,已成为旱区农业主要的节水措施之一^[3]。在小麦、玉米、水稻和春谷等农作物上已取得了显著的增产作用,多项研究^[4-15]证明,农田微集水种植技术具有显著的增产和提高有限水分利用率的作用。微集水种植技术在甘肃等春谷区已有应用,并取得了很好的效果,但在夏谷区的应用尚未见报道,本研究针对武安市气候条件和谷子生产实际,将微集水种植技术引入武安半干旱丘陵地区进行效果验证,并以此为基础研发适合夏谷区应用的微集水种植技术。本研究以目前夏谷区生产主栽品种“冀谷31”为试验材料,通过农艺、经济性状和生理指标的测定,探索微集水种植技术对武安谷子单产的影响及其生理机制,为该技术在半干旱丘陵夏谷区的应用推广提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

河北省农林科学院谷子所育成的夏谷品种“冀谷31”。地膜采用宽40 cm、厚0.008 mm的微薄膜。肥料采用磷酸二铵 $300\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 作底肥撒施,尿素 $300\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 作拔节期追肥撒施。

1.2 试验地点

本试验在武安市北安乐乡迁城村进行。2012年迁城村谷子生育期降雨量477.2 mm,属于雨水较多的年份。

1.3 试验方法

试验设微集水种植和露地对照两个处理,随机排列设计,设3个重复。行距0.4 m,小区面积 66.6 m^2 ,小区两边设3行保护行。2012年6月3日播种,9月22日收获,微集水种植的处理采用起垄-开沟-覆膜-播种一体机,可将播前起垄、垄上覆膜、沟

内种植同时完成,沟垄比1:1,沟、垄宽度均为40 cm,垄高10 cm。露地平播的处理采用小型播种耧播种,人工间苗, 667 m^2 留苗4万株,田间管理同常规。

1.4 生理指标测定

于抽穗期每小区选取3片旗叶,采用美国LI-COR公司生产的LI-6400型便携式光合作用测定仪测定净光合速率(photo值),并采用LAI-2200测定小区的叶面积指数(LAI值)。乳熟期每小区选取3株,每株选顶部3片叶,采用Konica Minolta Sensing公司生产的Spad-502型号叶绿素测定仪测定SPAD值。

1.5 土壤水分测定

采用烘干法,抽穗期干旱时在两行中间位置,取10~20、20~40、40~60、60~80、80~100 mm的土样,在 105°C ~ 110°C 烘箱中烘6~8 h至恒重后称重。

土壤水分计算公式:

土壤含水量(%) = [湿土重 - 烘干土重] / 烘干土重 $\times 100$ 。

1.6 温度测定

于抽穗期选择天气晴朗的3天,用直角地温表于8:00和15:00在任意两行谷子中间位置测定不同土层的地温。测定深度分别为0、5、10、15、20 cm共5个层次。

1.7 农艺性状和干物重的测定

于苗期、拔节期、抽穗期、灌浆期及成熟期每小区取样10株,测定株高、鞘茎粗、穗长。然后将每个单株分成叶、根、茎和穗四个部分。在烘箱中将其烘干(首先在 105°C 杀青30 min,然后转至 80°C 烘至恒重),用分析天平快速称取干物重^[16-17]。

1.8 经济性状测定

成熟期每小区取样10株考种,测定经济性状即单穗重、穗粒重、单位面积穗数(取单位面积数穗折合)。按小区收获,每小区收获 33.3 m^2 ,单收单打,测定生物产量和籽粒产量。

1.9 统计分析

采用EXCEL和DPS v14.10软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 微集水种植对产量的影响

收获后对产量结果(表1)进行比较分析,结果表明:微集水种植较对照增产 $912.0\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,增产率16.28%,方差分析显示,膜侧种植具有显著的增产作用。

表 1 微集水种植对产量的影响

Table 1 Effect of rainfall microcatchment on grain yield

种植方式 Planting methods	小区产量/kg Plot yields			平均单产 /(kg·hm ⁻²) Average yield
	I	II	III	
微集水种植 Rainfall microcatchment	21.49	21.93	21.83	6525.0a*
露地(对照) Open field(CK)	19.06	18.97	18.10	5613.0b

注: * 字母代表 5% 显著水平。下同。

Note: * the letters represent the 5% significant level. The same below.

2.2 微集水种植对农艺性状的影响

对不同生育期的农艺性状进行比较分析(见图 1~3),结果表明:微集水种植的株高和鞘茎粗在整个生育期高于对照,尤其在苗期~抽穗期显著高于

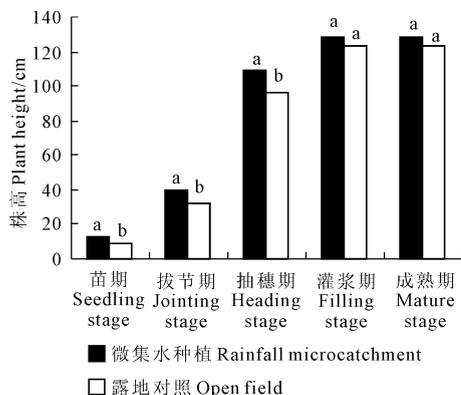


图 1 微集水种植对各生育期株高的影响

Fig. 1 Effect of rainfall microcatchment on plant height

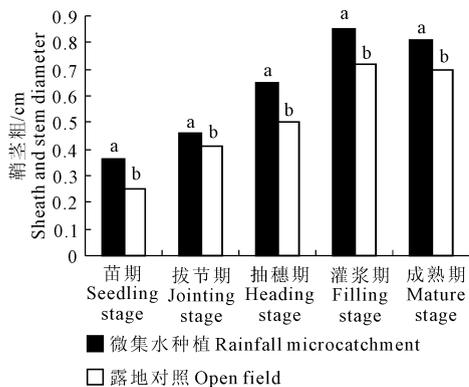


图 2 微集水种植对各生育期鞘茎粗的影响

Fig. 2 Effect of rainfall microcatchment on sheath and stem diameter

对照,穗长从抽穗期~成熟期显著高于对照。由图 4 可见,微集水种植的出苗好,且苗强苗壮,为促进生长发育奠定了坚实的基础。

2.3 微集水种植对经济性状的影响

对经济性状进行比较分析(表 2),结果表明:微集水种植的单穗重、穗粒重均显著高于对照,单穗重较对照高 15.33%,穗粒重较对照高 23.36%,出谷率较对照高 5.44%,单位面积穗数较对照高 4.01%。

2.4 微集水种植对各器官干物重的影响

对各生育期的叶、茎、根、穗干重进行比较分析(见图 5),结果表明:微集水种植的叶、茎、根、穗干重各生育期均高于对照,叶干重在全生育期增加显著,茎干重在拔节到成熟期增加显著,根干重在苗期~灌浆期增加显著,穗干重在抽穗~成熟期增加显著。

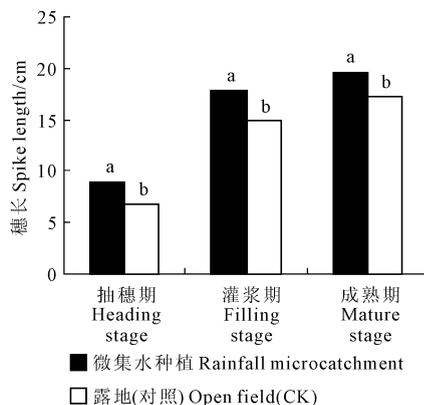


图 3 微集水种植对各生育期穗长的影响

Fig. 3 Effect of rainfall microcatchment on spike length



图 4 苗期长势

Fig. 4 Growth of seedling

表 2 微集水种植对经济性状的影响

Table 2 Effect of rainfall microcatchment on economic traits

种植方式 Planting methods	单穗重/g Single spikelet weight	穗粒重/g single spikelet grain weight	出谷率/% Milled grain rate	单位面积穗数 Spike number of spike per 667 m ²
微集水种植 Rainfall microcatchment	15.8a	13.2a	83.54a	3.63 × 10 ⁴
露地(对照) Open field(CK)	13.7b	10.7b	78.1a	3.49 × 10 ⁴

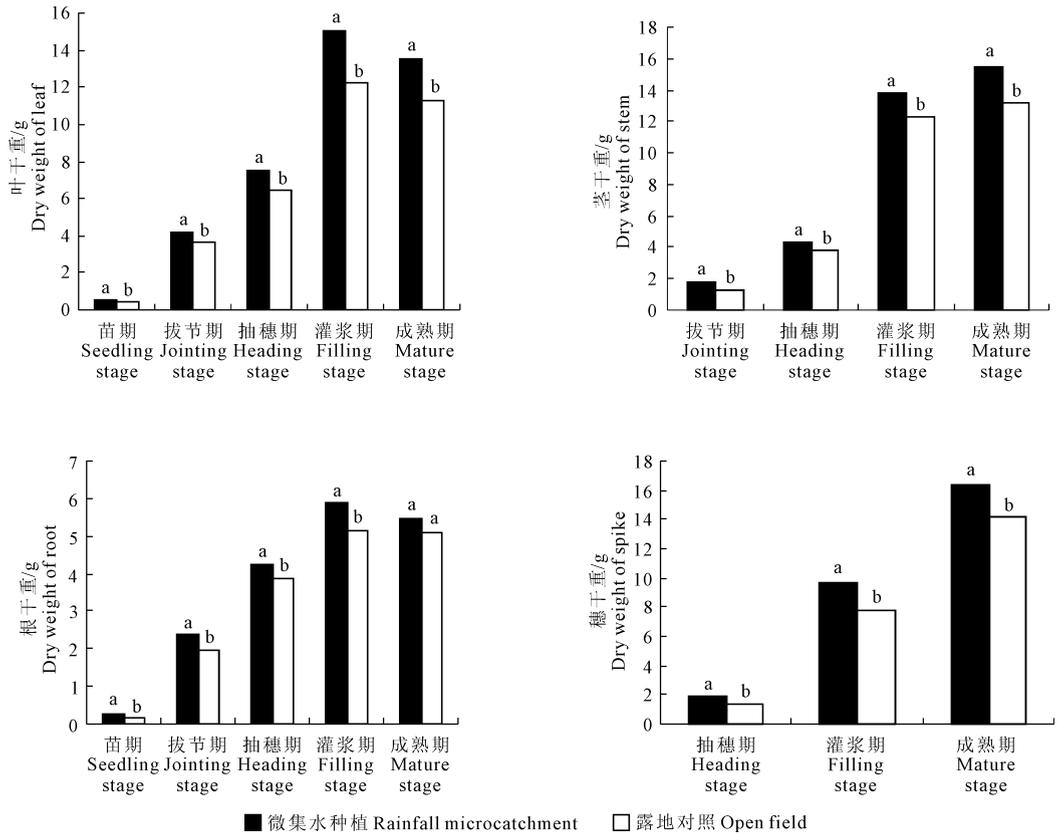


图 5 微集水种植对各器官干物重的影响

Fi.5 Effect of rainfall microcatchment on dry matter weight of organs

2.5 微集水种植对生理指标的影响

对抽穗期的净光合速率(P_n)和 LAI 值(见表 3)进行了比较,结果表明:微集水种植的净光合速率和 LAI 值都显著高于对照。说明微集水种植显著提高了抽穗期的净光合速率和叶面积指数,提高了光合

能力,增加了光合面积。乳熟期微集水种植的叶片的 SPAD 值为 49.3,较对照显著提高 10.07%。说明微集水种植提高了乳熟期叶片的叶绿素含量,延长了叶片的功能期,可使灌浆更加充分,籽粒更加饱满,从而减少秕谷。

表 3 微集水种植对几个生理指标的影响

Table 3 Effect of rainfall microcatchment on physiological parameters

种植方式 Planting methods	P_n		LAI		SPAD	
	均值 Means	较 CK 增加 Increased by / %	均值 Means	较 CK 增加 Increased by / %	均值 Means	较 CK 增加 Increased by / %
微集水种植 Rainfall microcatchment	26.4a	15.44	5.9a	11.5	49.3a	10.07
露地(对照) Open field(CK)	22.87b	—	5.29b	—	44.79b	—

2.6 微集水种植对土壤水分含量的影响

对干旱时期的土壤水分含量(见表 4)进行了比较,结果表明:膜内的土壤水分含量在 1~40 cm 深度范围内,均高于对照。在 10 cm 深度范围内,较露地的高 14.09%,在 20 cm 深处,较露地的高 11.45%,60~80 cm 深度范围内,40 cm 膜内土壤水分含量与露地的相当。这说明微集水种植显著提高了干旱期土壤水分含量,具有较强的保墒作用,主要

因为覆膜后土壤水分的蒸发受到地膜的物理阻断,切断了与大气的水分交换,水蒸气凝聚在膜内表面,因而水分的散失减少。

2.7 微集水种植对土壤温度的影响

对 8 月中旬上午 8:00 和下午 15:00 的土壤温度进行观测(表 5),结果表明:上午 8:00 在 0~10 cm 深度范围,膜内温度较对照高 1℃,在下午 15:00,0~5 cm 范围内,膜内温度较对照平均高 2.4℃,10~

20 cm 范围内,较对照高 1℃,说明微集水种植所应用的 40 cm 宽的地膜具有升温作用。

表 4 微集水种植对土壤水分含量的影响

Table 4 Effect of rainfall microcatchment on soil moisture content

深度/cm Depth	土壤水分含量 Soil moisture content/%		
	膜内 40 cm 40 cm inside the membrane	露地(对照) Open field (CK)	较对照增加 Increased by/%
10	28.35	14.26	14.09
20	27.16	15.71	11.45
40	23.28	16.25	7.03
60	19.22	17.36	1.86
80	17.99	17.56	0.43

表 5 微集水种植对土壤温度的影响

Table 5 Effect of rainfall microcatchment on soil temperature content

深度 Depth /cm	时间 Time	土壤温度 Soil temperature/℃		
		膜内 40 cm 40 cm inside the membrane	露地(对照) Open field (CK)	较对照增加 Increase rate than CK/%
0	8:00	28.5	27.5	1.0
	15:00	31.2	28.7	2.5
5	8:00	28.2	27.1	1.1
	15:00	30.8	28.5	2.3
10	8:00	28.0	27.1	0.9
	15:00	28.5	27.4	1.1
15	8:00	27.0	26.5	0.5
	15:00	27.7	26.8	0.9
20	8:00	26.5	26.2	0.3
	15:00	26.2	25.3	0.9

3 讨论

河北省武安市等半干旱丘陵地区无水浇条件,谷子的生产主要依赖于自然降水,然而这些地区降水少而集中,且气候干燥蒸发强烈,致使谷子产量低而不稳。有研究表明,水分供应不足是影响半干旱偏旱区旱地作物产量的主要因子。改善水分供应乃是生产发展的最佳途径,而提高当季降水生产能力特别是无效和微效降水则成为发展生产的重要手段^[18]。在小麦、玉米、水稻等作物上的研究表明,农田微集水种植技术具有显著的增产和提高有限水分利用率的作用。这些研究为半干旱丘陵地区谷子单产的提高提供了重要途径。但是目前应用于谷子上的研究主要是在甘肃省干旱地区,该区年降雨量仅为 300 mm 左右,增产效果明显。武安等河北省半干旱丘陵夏谷区年降雨量在 560 mm,且 2012 年降雨量为 571.8 mm,属于雨水较多的年份,但本研究结

果仍然表明微集水种植技术在河北省半干旱丘陵谷子产区集雨保墒效果好,增产效果明显,与其它研究^[4,11]具有一致性。同时也表明在干旱年份应用该技术将会具有更大的增产潜力。微集水种植技术不仅提高了经济效益而且具有较好的生态效益和农田资源可持续性,可作为半干旱丘陵区发展谷子产业的主要方式之一,具有广阔的推广前景。

目前多数研究对微集水种植技术的水温变化规律、产量以及性状的变化规律进行了研究^[3-15,18-19],本研究除此之外还对光合速率、叶面积指数和叶绿素含量进行了初步研究,另外笔者认为微集水种植技术的水温效应明显,水温的改变势必引起植株体内诸多生化反应和营养物质的一系列改变,因此在本研究基础上尚需对植株体内的一些生化指标如 SOD、MDA、ROS、POD、CAT、NR、可溶性蛋白质和糖等的变化规律进行深入研究。

4 结论

微集水种植技术具有显著增产的作用。其生理机制在于:微集水种植具有显著的保墒升温效应,使无效和微效降水得到有效利用,使生育期间的有效积温得到升高,耕层土壤的水温条件的改善促进了根系的发育和对养分的吸收,谷苗强壮,进而促进植株的生长发育;提高了净光合速率和叶面积指数,促进了根茎叶穗的干物质积累,从而经济性状单穗重、穗粒重、出谷率、亩穗数得到提高;同时提高了乳熟期叶绿素含量,防止了早衰,减少了秕谷。因此将微集水种植技术作为半干旱丘陵地区谷子生产的主要方式具有科学依据,应用前景广阔,应积极进行推广。

参考文献:

- [1] 张德荣,姚忠生,巩彦成,等.武安市旱地农业节水技术模式研究与应用[J].现代农村科技,2010,(23):41-43.
- [2] 刘猛,赵宇,李顺国,等.河北省太行山区谷子生产现状与发展建议——以武安市谷子生产调研为例[J].农学学报,2011,(11):57-60.
- [3] 王俊鹏,蒋骏,韩清芳,等.宁南半干旱地区春小麦农田微集水种植技术研究[J].干旱地区农业研究,1999,17(2):8-13.
- [4] 王俊鹏,马林,蒋骏,等.宁南半干旱地区谷子微集水种植技术研究[J].水土保持通报[J].2000,20(3):41-43.
- [5] 李小雁,张瑞玲.旱作农田沟垄微型集雨结合覆盖玉米种植试验研究[J].水土保持学报,2005,19(2):45-52.
- [6] Li X Y, Gong J D. Effects of different ridge/furrow ratios and supplemental irrigation on crop production in ridge and furrow rainfall harvesting system with mulches [J]. Agricultural Water Management, 2002,54(3):243-254.

- [7] 张德奇. 宁南旱区谷子地膜覆盖与化学制剂效应研究[D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学, 2005.
- [8] 廖允成, 温晓霞, 韩思明, 等. 黄土高原旱地小麦覆盖保水技术效果研究[J]. 中国农业科学, 2003, 36(5): 548-552.
- [9] 段德玉, 刘小京, 李伟强, 等. 夏玉米地膜覆盖栽培的生态效应研究[J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(4): 6-9.
- [10] 温晓霞, 韩思明, 赵凤霞, 等. 旱作小麦地膜覆盖生态效应研究[J]. 中国生态农业学报, 2003, 11(2): 93-95.
- [11] 张正茂, 王虎全. 渭北地膜覆盖小麦最佳种植模式及微生境效应研究[J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(3): 55-60.
- [12] 徐征和, 张保民, 刘景华, 等. 覆膜冬小麦的生理生态效应研究[J]. 节水灌溉, 2002, (3): 13-14.
- [13] 潘渝, 郭谨, 李毅. 地膜覆盖膜条件下土壤增温特性[J]. 水土保持研究, 2002, 9(2): 130-134.
- [14] 孔向军, 蒋梅巧. 直播早稻覆膜旱作施肥量及密度试验[J]. 作物研究, 2000, (3): 16-18.
- [15] 杨艳敏, 刘小京, 孙宏勇, 等. 早稻夏季地膜覆盖膜栽培的生态学效应[J]. 干旱地区农业研究, 2000, 18(3): 50-53.
- [16] 夏雪岩, 师志刚, 程汝宏. 谷子简化栽培增产的生理机制研究[J]. 华北农学报, 2010, (增刊): 263-267.
- [17] 夏雪岩, 师志刚, 程汝宏. 栽培方式对简化栽培品种冀谷25生长发育的影响[J]. 河北农业科学, 2010, (11): 5-7.
- [18] 蒋骏, 王俊鹏, 贾志宽. 宁南旱地谷子地膜穴播栽培试验初报[J]. 干旱地区农业研究, 1999, 17(2): 31-36.
- [19] 韩清芳, 李向拓, 王俊鹏, 等. 微集水种植技术的农田水分调控效果模拟研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(2): 78-82.

(上接第89页)

- [10] Doran J W, Jones A J. Methods for assessing soil quality[M]. Special Publication, Soil Science Society of America, Madison, WI, 1996, 49: 410.
- [11] Govaerts B, Sayre K D, Deckers J. A minimum data set for soil quality assessment of wheat and maize cropping in the highlands of Mexico[J]. Soil and Tillage Research, 2006, 87(2): 163-174.
- [12] 吕晓男, 陆允甫, 王人潮. 土壤肥力综合评价初步研究[J]. 农业与生命科学版, 1999, 25(4): 378-382.
- [13] 何同康. 土壤资源评价的主要方法及其特点比较[J]. 土壤学进展, 1983, 11(6): 1-12.
- [14] 孙波, 张桃林, 赵其国. 我国东南丘陵山区土壤肥力的综合评价[J]. 土壤学报, 1995, 32(4): 362-369.
- [15] 陈思思, 鄒奇峰. 临安市山核桃林地土壤肥力状况调查[J]. 杭州农业科技, 2013, (2): 30-32.
- [16] 陈卫新, 鄒奇峰, 黄仁仁, 等. 临安市山核桃林地土壤肥力状况及存在问题[J]. 中国农技推广, 2013, 29(6): 45-46.
- [17] 邱海燕, 庞奖励, 郭美娟, 等. 关中西部典型人工生态林与经济林地土壤的剖面特征及土壤粒度组成[J]. 西部林业科学, 2007, 36(4): 95-99.
- [18] 李晋明, 赵小敏, 乐丽红. 基于GIS和NFM的潘阳湖地区经济林地的适宜性评价[J]. 林业科学, 2013, 48(3): 154-159.
- [19] 张思组. 黄土高原沟壑区经济林地土壤水分特征研究[D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学, 2011.
- [20] 柳京安, 高鹏, 高军侠, 等. 鲁中南山地干果经济林土壤水文生态特征[J]. 中国水土保持科学, 2007, 5(1): 84-87.
- [21] 汪贵斌, 曹福亮, 程鹏, 等. 不同银杏复合经营模式土壤肥力综合评价[J]. 林业科学, 2010, 46(8): 1-7.
- [22] 王子龙, 付强, 姜秋香. 土壤肥力综合评价研究进展[J]. 农业系统科学与综合研究, 2007, 23(1): 15-18.
- [23] 张心昱, 陈利顶. 土壤质量评价指标体系与评价方法研究进展与展望[J]. 水土保持研究, 2006, 13(3): 30-34.
- [24] 肖慈英, 阮宏华, 屠六邦. 下蜀主要森林土壤肥力的灰色关联分析与评价[J]. 南京林业大学学报, 2010, 24: 59-63.
- [25] 吴玉红, 田霄鸿, 侯永辉, 等. 基于田块尺度的土壤肥力模糊评价研究[J]. 自然资源学报, 2009, 24(8): 1422-1431.
- [26] 阙文杰, 吴启堂. 一个定量综合评价土壤肥力的方法初探[J]. 土壤通报, 1994, 25(6): 245-247.
- [27] 张有平. 渭北黄土高原核桃生产基地调查[J]. 陕西林业科技, 1981, (2): 38-41.
- [28] 鲍士旦. 土壤化学分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.
- [29] 全国土壤普查办公室. 中国土壤[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [30] 何增耀. 农业环境保护概论[M]. 上海: 上海科技出版社, 1991: 89-96.
- [31] 殷金岩, 姜林, 王海涛, 等. 西安市灞灞生态区绿地土壤肥力调查与评价[J]. 北京林业大学学报, 2012, 34(4): 93-98.
- [32] 段贤德, 宋明清, 张醒民. 宜君县土壤类型及面积一览表[G]. 西安: 三秦出版社, 1992.
- [33] 谢建昌. 我国土壤钾素肥力概况和钾肥使用的进展[R]. 南京: 中国科学院南京土壤研究所, 2002.
- [34] 熊德中, 刘淑欣, 李春英, 等. 有机—无机肥配施对土壤养分和烤烟生育的影响[J]. 福建农业大学学报, 1996, 25(3): 345-349.
- [35] 黄昌勇, 徐建明. 土壤学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2010: 206-207.
- [36] 王成, 鄧光发, 彭镇华. 有机地表覆盖物在城市林业建设中的应用价值[J]. 应用生态学报, 2005, 16(11): 2213-2217.
- [37] 包兵, 丁武泉, 吴丹. 重庆市城区园林土壤质量现状研究[J]. 环境科学与技术, 2008, 31(12): 51-52.
- [38] 岳亚库, 查荣. 宜君县核桃产业发展建议[J]. 陕西农业科学, 2012, (4): 141-144.
- [39] 黎妍妍, 许自成, 肖汉乾, 等. 湖南省主要植烟区土壤肥力状况综合评价[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2006, 34(11): 179-183.