

玉米 || 马铃薯抗旱栽培土壤含水量 及产量效益研究

安瞳昕¹, 陈梦丽², 高连彰³, 陆靖¹, 周锋¹, 吴伯志¹, 张连根¹

(1. 云南农业大学 农学与生物技术学院, 云南 昆明 650201; 2. 通海县农业技术推广站, 云南 玉溪 652700;
3. 宣威市农业技术推广中心, 云南 曲靖 655400)

摘要: 于 2014 年在宣威市农业技术示范基地开展了玉米间作马铃薯集雨保墒抗旱栽培复合技术试验研究。试验处理包括: T₁: 玉米 + 开沟覆膜 || 马铃薯; T₂: 玉米 + 打塘覆膜 || 马铃薯; T₃: 玉米 + 平作覆膜 || 马铃薯; T₄: 玉米平作覆膜单作; T₅: 马铃薯单作。结果表明, T₁ 和 T₂ 处理玉米土壤含水量均高于其它处理, T₁、T₂ 处理 0~7.6 cm 土层玉米平均土壤含水量比 T₄ 处理最多增加 28.32%, 0~20 cm 土层最多增加 28.12%; 间作处理马铃薯的土壤含水量均高于马铃薯单作, T₁、T₂ 处理马铃薯平均土壤含水量在 0~7.6 cm 和 0~20 cm 两个土层分别比 T₅ 处理最多增加 23.52% 和 12.78%; T₁、T₂ 处理玉米产量、复合产量和土地当量比 (LER) 均高于 T₃ 处理, 其中, T₂ 处理的土地当量比最大 (LER = 1.20), 比 T₃ 处理增加 10.52%, 产量效益明显。

关键词: 玉米 || 马铃薯; 抗旱栽培; 土壤含水量; 产量效益

中图分类号: S344.2 **文献标志码:** A

Effect of maize || potato intercropping on topsoil moisture and yield benefits

AN Tong-xin¹, CHEN Meng-li², GAO Lian-zhang³, LU Jing¹,
ZHOU Feng¹, WU Bo-zhi¹, ZHANG Lian-gen¹

(1. Faculty of Agronomy and Biotechnology, Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan 650201, China;
2. Agricultural Technology Promotion Station of Tonghai County, Yuxi, Yunnan 652700, China;
3. Bureau of Agricultural Technology Promotion Center of Xuanwei, Qujing, Yunnan 650201, China)

Abstract: The field experiment was conducted to investigate the effect of maize || potato intercropping on drought resistance in the Agricultural Technology Demonstration Base of Xuanwei city in 2014. The treatments include: T₁, maize + ditching + polythene mulch intercropping with potato; T₂, maize + pitting + polythene mulch intercropping with potato; T₃, maize + polythene mulch intercropping with potato; T₄, maize monoculture with polythene; T₅, potato monoculture. The results showed that mean soil moisture of treatment T₁ and T₂ in maize field were higher than that of treatment T₄, as increased by 28.32% in 0~7.6 cm soil layer and 28.12% in 0~20 cm soil layer respectively. Soil moisture of treatment T₁ and T₂ in potato field were increased by 23.52% in 0~7.6 cm soil layer and 12.78% in 0~20 cm soil layer compared with treatment T₅. Treatment T₁ and T₂ significantly increased the yield of maize and land equivalent ratio (LER) than treatment T₃, the LER of T₂ (LER = 1.20) was 10.52% higher than T₃.

Keywords: maize and potato intercropping; drought resistance cultivation; soil moisture; yield and benefit

干旱是中国最主要的农业自然灾害之一,也是制约粮食生产和粮食安全的重要因素^[1-3]。随着人口增长和城市化进程加快,水资源高效利用及确保粮食产能安全成为头等大事^[4]。地膜覆盖栽培技术是一项非常成功的农业抗旱增产技术,长期以来,在中国获得了较好的试验效果^[5]。截至 21 世纪初,该技术在中国推广面积达到 7.01 万 hm²,经济和社会效益非常明显^[6]。根据多年研究,通过人为改变田

收稿日期: 2016-05-20 修回日期: 2017-10-16
基金项目: 农村领域国家科技计划课题 (2012BAD20B06 - 03); 国家自然科学基金项目 (31660378); 云南省自然科学基金项目 (2014FB144); 农业部公益性行业专项 (201503119 - 03 - 03); 云南省玉米产业技术体系项目资助
作者简介: 安瞳昕 (1974—), 男, 陕西西安人, 博士, 副教授, 主要从事山地农业水土保持与可持续发展研究。E-mail: tongxinan2012@163.com。
通信作者: 张连根 (1971—), 男, 云南普洱人, 主要从事农业气象及农业灾害研究。E-mail: 842304905@qq.com。

间地表微地形如垄上覆膜^[7]、窝塘式种植^[8]等实现降水田间再分配,使有限降水分布到作物根际土壤中,减小田间蒸发,可以达到雨水高效利用的目的。而通过间作、套种来提高水分资源利用率的技术也被世界各国广泛采用。近年来,杏树间作绿肥沙打旺^[9]、大麦间作蚕豆^[10]、梨树间作小麦^[11]等措施均表现出间作体系水分利用率高于单作的效应。

玉米与马铃薯间作是典型禾本科与薯类间作模式,也是云南省常用的种植方式,在农业生产中具有重要地位。但是,目前玉米间作马铃薯种植模式的土壤水分利用效率如何提高的问题尚未得到解决。本研究结合云南省农业生产实际,将地膜覆盖、开沟或打塘等抗旱技术集成使用,主要通过玉米开沟或打塘+地膜覆盖种植方式,探究其土壤含水量及产量效益,应对云南省粮食主产区突发性气候干旱,提高作物间作系统抗旱能力,减少产量损失和稳定农业收益。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于云南省宣威市农业局农业技术示范基地,海拔 1 904.2 m,26°18'N,104°3'E,土壤为沙性红壤。多年平均气温 13.4℃,最高年均温 14.6℃,最低年均温 12.7℃。多年平均日照 2 018.5 h,日照百分率为 47%。多年平均降水量为 975.2 mm,降水时间分布不均匀,全年分为明显的干、湿两季。

1.2 试验材料

玉米(*Zea mays* L.):宣黄单 13 号包衣种子,由宣威市农业局选育;马铃薯(*Solanum tuberosum* L.):宣薯 2 号,由宣威市农业局选育。

1.3 试验设计

试验采用单因素随机区组设计,共设置 5 个处理,每个处理 3 次重复,共 15 个小区,小区面积 30 m²(5 m×6 m)。处理为:T₁.玉米+开沟覆膜||马铃薯;T₂.玉米+打塘覆膜||马铃薯;T₃.玉米+平作覆膜||马铃薯;T₄.玉米平作覆膜单作;T₅.马铃薯单作。

1.4 作物种植

种植规格:玉米||马铃薯行比均为 2:2。玉米间作种植密度 52 500 株·hm⁻²,宽窄行种植,规格为(150 cm+50 cm)×38 cm,双株留苗;玉米单作种植密度 59 250 株·hm⁻²,宽窄行种植,规格为(100 cm+50 cm)×45 cm,双株留苗。间作马铃薯种植密度为 28 500 株·hm⁻²,宽窄行种植,规格为(150 cm+50 cm)×35 cm;单作马铃薯种植密度为 57 150 株·

hm⁻²,等行距种植,规格为 50 cm×35 cm。

种植方式:间作处理 T₁ 玉米采用沟播种植(沟深 10 cm,沟宽 30 cm),T₂ 采用打塘种植(塘深 15 cm,塘直径 35 cm),T₃ 和 T₄ 均采用平作种植;各处理马铃薯均采用开沟播种。马铃薯生育期为 2013 年 4 月 5 日至 8 月 20 日,玉米生育期为 2013 年 4 月 30 日至 9 月 20 日。

1.5 试验指标及测定方法

土壤含水量:采用英国制造的 DELTD-TDEVICES-HH1 水分测定仪,分别测定 0~7.6 cm 和 0~20 cm 两个土层的平均含水量。方法:间作处理每个小区测定 6 个点(以 V 字型于玉米行下取 3 点,马铃薯行下取 3 点),净作处理以 V 字型测定 3 个点,每隔 20 d 测定一次。

土地当量比(land equivalent ratio, LER):土地当量比的计算公式为:LER=玉米间作产量/玉米单作产量+马铃薯间作产量/马铃薯单作产量。若 LER 大于 1,即表示间作具有产量优势。

1.6 试验数据处理

用 Excel 2007 和 SPSS18.0 等应用软件对所得的数据进行计算、整理、统计分析,利用 Duncan 法对数据进行差异性检验。

2 结果与分析

2.1 不同种植方式对作物耕层土壤含水量的影响

2.1.1 不同种植方式对玉米条带土壤含水量的影响 由表 1 可知,各处理玉米条带土壤表层含水量 6 月 4 日差异显著($P<0.05$),处理 T₁、T₂ 均显著($P<0.05$)高于处理 T₃、T₄,处理 T₁ 和 T₂ 差异不显著($P>0.05$),处理 T₁、T₂ 平均土壤含水量比处理 T₃、T₄ 分别增加 28.27% 和 25.91%;除 8 月 9 日和 8 月 29 日外,其余各时期玉米条带土壤含水量均表现为间作处理高于处理 T₄;各时期土壤含水量平均值各处理依次为处理 T₁>T₂>T₃>T₄,T₁ 处理各时期土壤含水量平均比处理 T₃、T₄ 分别增加 11.91% 和 21.24%,T₂ 处理则分别增加 8.97% 和 18.06%。各时期含水量 T₁ 处理最多比 T₄ 处理增加 28.32%。结果表明,玉米开沟和打塘种植有利于土壤水分蓄积,比玉米平垄种植有较好的土壤水分效益,数据显著性差异与每次土壤水分测定前降雨因素有关。

由表 2 可知,8 月 9 日各处理玉米条带土壤深层含水量差异极显著($P<0.01$),处理 T₁、T₂ 均显著($P<0.05$)高于处理 T₃、T₄;9 月 20 日各处理玉米条带土壤深层含水量差异显著($P<0.05$),处理 T₁ 和 T₂ 差异不显著($P>0.05$),处理 T₁、T₂ 均显著($P<$

0.05)高于处理 T₄。这两个时期处理 T₁、T₂ 平均土壤含水量比处理 T₃、T₄ 分别增加 16.73% 和 19.21%;除 8 月 9 日和 8 月 29 日外,其余各时期玉米条带土壤含水量各处理间差异均不显著 ($P > 0.05$),总体表现出间作处理 T₁、T₂ 高于间作处理 T₃ 和单作处理 T₄。各次土壤含水量平均值各处理依次为处理 T₂ > T₁ > T₄ > T₃, T₂ 处理比处理 T₃、T₄ 分别增加 15.88% 和 10.91%, T₁ 处理分别增加 15.42% 和 10.47%。各时期测定含水量 T₂ 处理最多比 T₄ 处理增加 28.12%。结果也表明,玉米开沟和打塘间作马铃薯土壤水分蓄积效果最好。由表 1 和表 2 看出开沟和打塘种植比玉米平地种植都有较好的土壤水分效益,数值大小有所差异可能与土壤表层和深层水分稳定性有关。

2.1.2 不同种植方式对马铃薯条带土壤含水量的影响 由表 3 可知,6 月 4 日、6 月 26 日和 8 月 9 日各处理马铃薯条带土壤表层水分含量差异不显著 ($P > 0.05$),其余各观测时期差异均达显著水平 (P

<0.05)。7 月 18 日和 9 月 20 日处理 T₁ 与对照处理 T₅ 差异均显著,6 月 26 日和 9 月 20 日处理 T₁ 和 T₂ 差异均不显著 ($P > 0.05$),7 月 18 日和 9 月 20 日, T₁ 处理和 T₃ 处理差异也显著 ($P < 0.05$)。各次观测数据均表明,处理 T₁ 和处理 T₂ 土壤含水量均高于处理 T₅,除 8 月 9 日外,其余各时期 T₁、T₂ 处理土壤含水量均高于处理 T₃,各处理土壤含水量平均值依次为: T₁ > T₂ > T₃ > T₅, 处理 T₁ 和 T₂ 土壤含水量平均值比处理 T₅ 分别增加 25.16% 和 21.88%,比处理 T₃ 分别增加 15.21% 和 12.19%。结果表明,玉米打塘种植处理 T₂ 和开沟种植处理 T₁ 的表层土壤含水量均高于玉米平垄间作马铃薯处理 T₃ 和马铃薯单作处理 T₅,马铃薯间作处理土壤含水量均高于马铃薯单作,所以玉米打塘和开沟间作也有益于马铃薯条带土壤水分状况的改善。在刚降雨以后或持续干旱时,由于土壤蓄水充足或严重消耗,可能导致部分处理土壤含水量差异不显著。

表 1 不同处理玉米条带 0~7.6 cm 土壤水分含量方差分析/%
Table 1 ANOVA of maize soil moisture (0~7.6 cm) of different treatments

日期 Date	处理 Treatment				F 值 F value	P 值 P value
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄		
06-04	48.8b	46.97b	37.33a	38.03a	5.414 *	0.025
06-26	29.32	29.72	29.33	24.59	0.580	0.644
07-18	12.24	12.19	12.98	9.97	1.955	0.199
08-09	21.53	19.41	18.84	22.68	2.86	0.100
08-29	20.07	18.58	17.44	21.79	2.709	0.115
09-20	22.61	22.08	20.92	19.76	3.100	0.089
10-12	16.87	15.47	15.46	14.74	0.805	0.525
平均值 Mean	24.49	23.49	21.76	21.65	—	—

注:同一行不同小写字母及 * 表示在 $P < 0.05$ 水平上差异显著,不同大写字母和 * * 表示在 $P < 0.01$ 水平上差异极显著,相同字母表示差异不显著。下同。

Note: Different lowercase letters and * indicate significant difference at $P < 0.05$, while capitals and * * indicate very significant at $P < 0.01$. The same as bellow.

表 2 不同处理玉米条带 0~20 cm 土壤水分含量方差分析/%
Table 2 ANOVA of maize soil moisture (0~20 cm) of different treatments

日期 Date	处理 Treatment				F 值 F value	P 值 P value
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄		
06-04	33.70	37.27	22.90	30.43	2.744	0.113
06-26	33.32	32.69	27.52	30.24	1.751	0.234
07-18	13.19	12.58	14.23	11.29	2.057	0.184
08-09	23.74bA	27.29cB	20.49aA	21.3aA	19.32 * *	0.000
08-29	23.38	18.78	20.24	21.80	3.342	0.077
09-20	25.55b	26.61b	23.71ab	21.98a	3.404 *	0.043
10-12	24.63	22.99	24.70	23.64	0.257	0.854
平均值 Mean	25.36	25.46	21.97	22.95	—	—

表 3 不同处理马铃薯条带 0~7.6 cm 土壤水分含量方差分析/%
Table 3 ANOVA of potato soil moisture (0~7.6 cm) of different treatments

日期 Date	处理 Treatment				F 值 F value	P 值 P value
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₅		
06-04	38.27	40.3	37.33	32.43	1.292	0.342
06-26	29.54	32.00	26.89	24.88	2.734	0.114
07-18	17.99b	13.73a	13.8a	11.33a	5.470*	0.024
08-09	12.64	14.1	12.16	14.59	2.430	0.140
09-20	23.6b	20.5ab	19.0a	16.4a	6.207*	0.017
10-12	15.80b	13.60ab	10.46a	10.50a	5.357*	0.026
平均值 Mean	22.97	22.37	19.94	18.36	—	—

表 4 不同处理马铃薯条带 0~20 cm 土壤水分含量方差分析/%
Table 4 ANOVA of Potato soil moisture (0~20 cm) of different treatments

日期 Date	处理 Treatment				F 值 F value	P 值 P value
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₅		
06-04	26.77	26.23	23.8	26.1	1.418	0.307
06-26	33.08	32.8	30.84	26.76	1.419	0.307
07-18	15.90bBC	13.69aAB	18.24cC	11.8aA	21.058**	0.000
08-09	21.31	19.06	19.89	19.96	0.863	0.499
09-20	18.53	19.57	17.87	19.67	0.611	0.627
10-12	22.80	22.72	20.98	19.28	1.054	0.420
平均值 Mean	23.07	22.35	21.94	20.60	—	—

由表 4 可知,7 月 18 日马铃薯条带深层土壤含水各处理差异极显著($P<0.01$),其中处理 T₁ 与处理 T₅ 差异极显著($P<0.01$),处理 T₁、T₂ 与处理 T₃ 差异均显著($P<0.05$),处理 T₁ 与 T₂ 差异也显著($P<0.01$),处理 T₁ 土壤含水量比处理 T₅ 增加 34.75%;除 9 月 20 日和 8 月 9 日外,其余各次土壤含水量 T₁、T₂ 处理均高于 T₅ 处理,各时期平均土壤含水量依次为处理 T₁>T₂>T₃>T₅,T₁、T₂ 处理比 T₅ 处理分别增加 15.36%和 10.20%。表 3 和表 4 结果均表明,玉米打塘和开沟种植的深层土壤含水量均高于玉米平垄间作马铃薯和马铃薯单作,玉米平垄间作马铃薯处理高于马铃薯单作,所以玉米打塘和开沟间作也有益于马铃薯条带深层土壤水分状况的改善。总之,在刚降雨以后或持续干旱时,由于土壤蓄水充足或消耗严重,可能导致部分处理土壤含水量差异不显著或规律异常。

2.2 不同种植方式产量效益分析

由表 5 可知,不同种植方式之间玉米产量差异达到了显著水平($P<0.05$),处理 T₁、T₂、T₃ 差异不显著($P>0.05$),T₂ 处理产量最高,比处理 T₃ 产量增加 1.1 t·hm⁻²,增产 10.53%。各处理马铃薯产量差异达极显著水平($P<0.01$),间作处理马铃薯产

量差异不显著($P>0.05$),间作处理 T₁、T₂ 马铃薯产量均高于 T₃ 处理,分别增产 18.45%和 10.48%。不同处理复合产量差异达到了极显著($P<0.01$),除处理 T₄ 外,处理 T₂ 与其余处理差异均显著($P<0.05$),处理 T₁ 与处理 T₅ 差异极显著($P<0.01$),间作处理复合产量依次为处理 T₂>T₁>T₃,打塘覆膜处理 T₂ 复合产量比处理 T₃ 和 T₅ 分别增产 13.74%和 225.00%,比处理 T₁ 和 T₄ 分别增产 9.52%和 7.71%。不同处理产值差异达极显著水平($P<0.01$),处理 T₂ 与其它处理差异极显著($P<0.01$),处理 T₁ 与处理 T₄ 差异也显著($P<0.05$),产值依次为处理 T₂>T₁>T₃>T₅>T₄,打塘覆膜 T₂ 处理产值比处理 T₃、T₄、T₅ 分别增加 0.64 万元·hm⁻²、1.03 万元·hm⁻²、0.73 万元·hm⁻²,分别提高 19.61%、35.70%和 22.91%,比 T₁ 处理也增收 17.65%;不同间作处理土地当量比(LER)均大于 1,且差异达到了极显著水平($P<0.01$),3 种植方式土地当量比大小依次为:处理 T₂>T₁>T₃,打塘处理的土地当量比(LER)比平作处理 T₃ 增加10.52%。结果表明:集雨栽培种植措施处理 T₂(打塘覆膜播种)较常规种植措施有非常明显的效果,能显著提高玉米产量和复合产量和土地当量比,具有明显的生产效益。

表 5 玉米马铃薯间作处理产量效益方差分析
Table 5 ANOVA of output and benefit of different treatments

处理 Treatment	玉米产量 Maize yield /(t·hm ⁻²)	马铃薯产量 Potato yield /(t·hm ⁻²)	产值 Output value /(10 ⁴ yuan·hm ⁻²)	复合产量 Compound yield /(t·hm ⁻²)	土地当量比(LER) Land equivalent ratio
T ₁	10.99ab	5.20abAB	3.34bA	12.03bBC	1.17aA
T ₂	11.55ab	4.85aA	3.93cB	12.52cC	1.20bB
T ₃	10.45ab	4.39aA	3.29abA	11.328bB	1.09aA
T ₄	12.07b	—	2.90aA	12.07bcBC	—
T ₅	—	19.98bB	3.20abA	4.00aA	—
F 值 F value	4.44 *	141.61 * *	9.97 * *	124.97 * *	13.70 * *
P 值 P value	0.041	0.000	0.002	0.000	0.006

注:玉米和马铃薯的产值分别按市场价,玉米 2.4 元·kg⁻¹,马铃薯 1.6 元·kg⁻¹。复合产量为马铃薯产量按 5:1 折算后与玉米产量之和。
Note: The output value of maize and potato was 2.4 yuan·kg⁻¹ and 1.6 yuan·kg⁻¹ respectively according to market price. Compound yield was the sum of the yield of potato after 5:1 conversion and the yield of maize.

3 讨 论

由于地膜不透气,阻碍了水分蒸发,在干旱、半干旱地区实施地膜覆盖技术,具有保墒作用,能有效保蓄水分、提高水分利用效率,促进了水分横向运动,使水分在膜下循环,能较长时间储蓄在土壤中。有研究表明,地膜覆盖对改善春玉米、小麦、棉花土壤含水量、产量、品质均有一定效果^[12]。前人研究在西北半干旱雨养条件下,地膜覆盖可显著提高土壤表层(0~20 cm)墒情^[13],这与本研究结果一致。

本试验中,降水时雨水通过垄面径流汇集于沟中,并向地下和垄下入渗;而且土壤中水分蒸发后顺塘膜内侧回流到塘心种苗处,确保有充足水分满足出苗及玉米苗期生长需要,促进根系生长健壮;在玉米生长中后期,雨水分布不均,窝塘式栽培模式能最大限度把水分富集到玉米根系周围塘内,从时空上调节玉米生长后期供水不均问题^[14],促进根系生长,使玉米生长达到最佳经济性状。通过玉米的起垄覆膜技术,减少地面蒸发,提高坡地地表径流的利用率;进行马铃薯+地膜玉米间作是有效的增产途径,而且通风透光良好,增加了玉米的边际优势,有利于玉米增产^[15]。本试验采用的田间微集水技术,主要因为垄塘面覆膜集雨,沟塘内种植作物,垄、沟相互结合实现雨水积蓄和保墒的功能,对增强作物的抗旱能力,促使作物稳产高产具有重要的意义。

研究表明,间作可以增加作物的水分利用效率,改善土壤根际水分状况^[16],本试验研究玉米沟塘间作土壤含水量比平作间作和单作均有所提高。已有研究表明,禾本科与豆科间作方式中,禾本科为须根系,豆科为直根系,因此二者互补可以最大限度地发挥间作优势,最终表现为增产效应^[17-18]。本试验

中,玉米打塘间作体系土地当量比和经济效益也有明显的优势。但是,前人的研究结果主要集中在单项抗旱技术的生产效益方面,而本试验是各种抗旱技术集成效果的综合体现,至于不同技术对生产效益的贡献率以及 20 cm 以下的深层土壤水分状况尚不明确,有待进一步研究和验证。总之本试验技术集成措施除了能有效利用水分资源,应对干旱,降灾稳产,还能获得较好的产量效益,对解决目前的粮食安全问题和农业可持续发展均有重要的意义。

4 结 论

研究表明,玉米开沟+地膜覆盖间作马铃薯和玉米打塘+地膜覆盖间作马铃薯复合技术都可以提高玉米和马铃薯的土壤含水量,两种措施 0~7.6 cm 土层的土壤含水量增加幅度高于 0~20 cm 土层;打塘和开沟措施能显著提高玉米产量、作物群体复合产量和土地当量比(LER),打塘处理的间作效益更好,更有益于提高水分资源利用效率和作物系统抗旱能力。

参 考 文 献:

[1] 肖 军,赵景波.陕西省 54a 来农业干旱灾害特征研究[J].干旱区资源与环境,2006,20(5):201-204.
[2] 李茂松,李章成,王道龙,等.50 年来我国自然灾害变化对粮食产量的影响[J].自然灾害学报,2005,14(2):55-60.
[3] 何艳芬,张 柏,刘志明.农业旱灾及其指标系统研究[J].干旱地区农业研究,2008,26(5):239-244.
[4] 康绍忠.水安全与粮食安全[J].中国生态农业学报,2014,22(8):880-885.
[5] Dong H Z, Li W J, Tang W, et al. Early plastic mulching increases stand establishment and lint yield of cotton in saline fields[J]. Field Crops Res, 2009,111(3):269-275.

的比较分析[J]. 中国农业科学, 2007, 40(12): 2667-2678.

[5] 景蕊莲, 吕小平. 小麦抗旱种质资源的遗传多样性[J]. 西北植物学报, 2003, 23(3): 410-416.

[6] 郭嘉义, 许 兴, 赵晓明. 宁夏主要春小麦品种间遗传多样性的 RAPD 检测[J]. 宁夏农林科技, 2001, (2): 4-7.

[7] 李艳丽, 孙树贵, 武 军, 等. 部分美国及我国小麦品种的遗传多样性分析[J]. 麦类作物学报, 2012, 32(6): 1066-1071.

[8] 郝晨阳, 王兰芬, 董玉琛, 等. 我国西北春麦区小麦育成品种遗传多样性的 AFLP 分析[C]//中国作物学会. 全国作物遗传育种学术研讨会论文集. 北京, 2003: 364-371.

[9] 袁汉民, 李 新, 范金萍, 等. 宁夏小麦遗传育种的回顾与展望[J]. 宁夏农林科技, 2001, (6): 31-34.

[10] 袁汉民, 张富国, 范金萍, 等. 宁夏引黄灌区冬麦北移与种植业结构调整[J]. 宁夏农林科技, 2001, (3): 41-43.

[11] Sari-Gorla M, Krajewski P, Di Fonzo N, et al. Genetic analysis of drought tolerance in maize by molecular markers II. Plant height and flowering[J]. Theor Appl Genet, 1999, 99(1): 289-295.

[12] 董玉琛, 曹永生, 张学勇, 等. 中国普通小麦初选核心种质的产生[J]. 植物遗传资源学报, 2003, 4(1): 1-8.

[13] Xu J L, Lafitte H R, Gao Y M, et al. QTLs for drought escape and to lerance identified in a set of random introgression lines of rice[J]. Theor Appl Genet, 2005, 111(8): 1642-1650.

[14] Figliuolo G, Mazzeo M, Greco I. Temporal variation of diversity in Italian durum wheat germplasm[J]. Genet Resour Crop Evol, 2007, 54(3): 615-62.

[15] Fu Y B, Peterson G W, Richards K W, et al. Allelic reduction and genetic shift in the Canadian hard red spring wheat germplasm released from 1845 to 2004[J]. Theor Appl Genet, 2005, 110(8): 1505-1516.

[16] Hao C, Wang L, Zhang X, et al. Genetic diversity in Chinese modern wheat varieties revealed by microsatellite markers[J]. Sci China Life Sci, 2006, 49(3): 218-226.

[17] Parker G, Fox P, Langridge P, et al. Genetic diversity with in Australian wheat breeding programs based on molecular and pedigree data[J]. Euphytica, 2002, 124(3): 293-306.

[18] Roussel V, Koenig J, Beckert M, et al. Molecular diversity in French bread wheat accessions related to temporal trends and breeding programmes[J]. Theor Appl Genet, 2004, 108(5): 920-930.

[19] Christiansen M J, Andersen S B, Ortiz R. Diversity changes in an intensively bred wheat germplasm during the 20th Century [J]. Molecular Breeding: New Strategies in Plant Improvement, 2002, 9(1): 1-11.

[20] 刘三才, 郑殿升, 胡 琳, 等. 新引进意大利小麦品种农艺和品质性状的评价[J]. 植物遗传资源学报, 2003, 4(1): 43-46.

[21] 董玉琛, 郝晨阳, 王兰芬, 等. 358 个欧洲小麦品种的农艺性状鉴定与评价[J]. 植物遗传资源学报, 2006, 7(2): 129-135.

[22] 马艳明, 范玉顶, 李斯深, 等. 黄淮海区小麦品种(系)品质性状多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2004, 5(2): 133-138.

[23] 沈裕琥, 王海庆, 杨天育, 等. 甘、青两省春小麦遗传多样性演变[J]. 西北植物学报, 2002, 22(4): 731-740.

[24] 陈雪燕, 王亚娟, 雒景吾, 等. 陕西省小麦地方品种主要性状的遗传多样性研究[J]. 麦类作物学报, 2007, 27(3): 456-460.

[25] 李志波, 王睿辉, 张 茶, 等. 河北省小麦品种基于农艺性状的遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2009, 10(3): 436-442.

[26] 袁汉民, 裴志新, 陈东升, 等. 小麦种质资源宁春 4 号的研究和利用[J]. 麦类作物学报, 2009, 29(1): 160-165.

[27] 金善宝. 中国小麦学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996.

[28] 郝晨阳, 王兰芬, 张学勇, 等. 我国育成小麦品种的遗传多样性演变[J]. 中国科学(C 辑)生命科学, 2005, 35(5): 408-415.

[29] 景蕊莲. 作物抗旱节水研究进展[J]. 中国农业科技导报, 2007, 9(1): 1-5.

[30] 李鲜花, 刘永华, 刘辉, 等. 我国黄淮冬麦区小麦品种与美国冬小麦品种的遗传多样性比较[J]. 麦类作物学报, 2014, 34(6): 751-757.

(上接第 77 页)

[6] 梁馨文, 任瑞丽, 张丽清. 马铃薯地膜覆盖技术的应用与推广方式探讨[J]. 现代农业科技, 2009(23): 143-144.

[7] 李凤民, 王 静, 赵松岭. 半干旱黄土高原集水高效旱地农业的发展[J]. 生态学报, 1999, 19(2): 259-264.

[8] 陈明昌, 吴惠琼. 宣威市玉米少(免)耕“窝塘式”抗旱集雨节水栽培集成技术[J]. 云南农业科技, 2013(6): 38-39.

[9] 杜社妮, 白岗栓. 黄土丘陵区仁用杏园不宜间作沙打旺[J]. 园艺学报, 2007, 34(5): 1135-1140.

[10] 周绍松, 周 敏, 李永梅, 等. 大麦/蚕豆间作对土壤含水量的影响研究[J]. 云南农业大学学报(自然科学版), 2008, 93(4): 532-535.

[11] 孟 平, 张劲松. 梨麦间作系统水分效应与土地利用效应的研究[J]. 林业科学研究, 2004, 17(2): 167-171.

[12] 姜净卫, 董宝娣, 司福艳, 等. 地膜覆盖对杂交谷子光合特性、产量及水分利用效率的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2014, 32(6): 154-158, 194.

[13] 张淑芳, 柴守玺, 蔺艳春, 等. 冬小麦地膜覆盖的水分效应[J]. 甘肃农业大学学报, 2011, 46(2): 45-52.

[14] Liao W, Bi H, Zhao Y, et al. Distribution of soil moisture in malus pumila and glycine max intercropping system and its impact on the soybean growth[J]. Science of Soil & Water Conservation, 2014, 12(1): 24-28.

[15] 付克勤, 孙 俊, 齐旭峰. 干旱区坡地马铃薯-地膜玉米间作栽培技术要点[J]. 农业科技与信息, 2009, (15): 24-25.

[16] Garre S, Vanderborcht J, Guenther T. Sensitivity and resolution of ert for soil moisture monitoring in contour hedgerow intercropping systems[J]. H51a, 2011, 11(4): 1-14.

[17] 叶优良, 李 隆, 孙建好. 小麦/玉米间作和氮肥对水分利用的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(4): 176-182.

[18] Du S, Bai G, Yu J. Soil properties and apricot growth under intercropping and mulching with erect milk vetch in the loess hilly-gully region[J]. Plant & Soil, 2015, 390(1-2): 431-442.