

文章编号 :1003-8701(2014)02-0042-05

秸秆还田对玉米生长发育及产量的影响

郑金玉,刘武仁*,罗洋,郑洪兵,李瑞平,李伟堂

(吉林省农业科学院农业资源与环境研究所,长春 130033)

摘要:为明确秸秆循环还田对玉米生长发育和产量的影响,筛选合理的秸秆还田方式,于2000年设计了不同秸秆还田方式定位试验,通过对植株生长发育和产量构成等指标的测定及分析,结果表明,秸秆还田结合深松为作物生长发育创造良好的土壤环境,增加玉米单株叶面积,提高叶片光合能力,促进了干物质积累和产量提高,产量数据表明,全方位深松、高茬还田、粉碎还田和条带覆盖分别比现行耕法产量提高8.27%、13.50%、13.59和10.07%,增产效果明显。

关键词:循环农业;秸秆还田;环境效应

中图分类号:S513.062

文献标识码:A

Effects of Straws Returned into Field on Growth and Development and Yield of Maize

ZHENG Jin-yu, LIU Wu-ren*, LUO Yang,
ZHENG Hong-bing, LI Rui-ping, LI Wei-tang

(Research Institute of Agricultural Resources and Environment, Jilin Academy of Agricultural Science, Changchun 130124, China)

Abstract: In order to understand effects of straws returned into field on maize growth and development and yield and select proper mode of straws returned into field, the long-term located experiment about returned straws was designed in 2000. Indexes of plant growth and development and crop yield components were determined and analyzed. The results showed that deep tillage combined straws returned into field created a better soil environment for growth and development of maize. Leaf areas per plant of maize were increased, and capacity of photosynthesis was improved, so the dry matter accumulation promoted and yield enhanced. The data showed that yields of treatments of deep tillage, high stubble, crush straws returned into field, and belt cover increased by 8.27%, 13.50%, 13.59 and 10.07% compared with conventional tillage.

Keywords: Recycle agriculture; Straws returned to field; Environmental effect

玉米秸秆是吉林省第一大作物秸秆,年产秸秆总量约为3600万t,约占全国秸秆总量的11.8%^[1]。秸秆不仅是重要的可再生有机碳源,也是作物生长所需营养元素的重要来源之一。秸秆进入土壤,经微生物分解后,能明显改善土壤的理化性状^[2]。另外,秸

秆还田有利于土壤有机质含量的提高,大量的长期试验表明,秸秆还田或秸秆还田配施化肥有利于土壤有机质的积累^[3],有效调控土壤环境,进而为地上部分作物生长创造条件^[4]。

然而,由于在现有的秸秆利用条件下,利用秸秆的费用成本较高,经济上不合算^[5]。因此,吉林省每年秸秆还田只有500万t,不足秸秆总量的15%^[6]。此外,在秸秆还田条件下开展玉米生长发育及产量变化研究较少,严重影响循环农业发展进程,制约农业循环经济的发展。

因此,本文针对吉林省农业生产中秸秆大量剩余和秸秆焚烧现象严重等问题,开展不同方式

收稿日期:2013-01-25

基金项目:国家科技支撑循环农业课题(2012BAB14B05);公益性行业专项课题(201103001-03)

作者简介:郑金玉(1974-),男,副研究员,主要从事土壤耕作与耕作栽培研究。

通讯作者:刘武仁,男,研究员,E-mail:liuwuren571212@163.com

秸秆循环还田对玉米生长发育及产量的影响研究,筛选出合理的秸秆还田方式,为实现秸秆安全还田,加速农业循环进程,促进农业循环经济的发展提供技术支撑。

1 材料与方 法

1.1 试验地点

研究区位于公主岭市范家屯镇香山村吉林省农业科学院黑土耕作农业示范基地(N43°45′,

E125°01′)。该区气候属于中温带大陆性季风气候,海拔 180~220 m,年平均气温 4~6℃,≥10℃积温 2 860℃·d,无霜期 140 d。常年平均降雨量 567 mm,主要集中在 6~9 月。土壤类型为壤质黏土,有机质含量 2.82 g/kg,水解氮 157.41 mg/kg,速效磷含量 34.27 mg/kg,速效钾含量 165.13 mg/kg。

1.2 试验设计

定位试验始于 2000 年,设 5 个处理(表 1),采用大区试验设计,每个处理 400 m²。每公顷施

表 1 试验处理简要说明

代号	处理	操作方法
CK	传统耕法	垄距 65 cm 常规种植方法,春季 4 月份旋耕灭茬,施入底肥重新打垄,倒垄种植,4 月末至 5 月初机播,6 月中下旬结合中耕追肥,10 月份收获,玉米秸秆运出田外。
T1	宽窄行立茬交替休闲	宽行 90cm 为深松带,窄行 40cm 为苗带,春季用自主研发的免耕播种机直接播种,种子播在深松带,隔年交替休闲种植,6 月中下旬结合深松施肥,深松深度为 50cm,蓄水保墒,秋季收获后留茬 30cm,实现全量的 1/3 还田,三年全量还田一次。
T2	粉碎还田	宽窄行立茬交替休闲 + 秸秆粉碎全量还田 + 条带深松
T3	条带覆盖	宽窄行立茬交替休闲 + 整株秸秆全量还田 + 条带深松
T4	全方位深松	宽窄行交替休闲 + 全方位深松

N 243 kg, P₂O₅ 92 kg, K₂O 83 kg, 磷肥、钾肥和氮肥总量的 1/4 作基肥施用,余下的 3/4 氮肥在玉米拔节前追施(6 月中下旬)。2011 年 5 月 3 日播种,9 月 28 日收获,2012 年 5 月 4 日播种,10 月 3 日收获。

1.3 测试项目

1.3.1 叶片光合测定

用美国 LI-COR 公司生产的 Li-6400 便携式光合测定系统分别在玉米吐丝期选择晴天于 9:00~12:00 测定玉米穗位叶净光合速率等指标,每个处理重复 20 次,然后将获得的数据平均计算玉米叶片净光合速率等光合指标。

1.3.2 植株形态指标测定

在 7 月 24 日测量玉米叶面积,计算方法为单叶面积 = 长 × 宽 × 系数(展开叶 0.75,未展叶 0.50),每个处理测量 5 株。在玉米的各生育时期测定玉米植株干物重,每个处理取 5 株植株的地上部分,然后分别装入样品袋中于烘箱内 105℃ 进行杀青 30 min,再在 75℃ 烘至恒重,冷却至室温后用 1/1000 天平分别称量,并记录数据。

1.3.3 测产及考种

秋季收获时采用人工方式,每小区测 20 m² 产量,每个处理 3 次重复,分别取样 10 穗,自然风干后于室内考种,最后折算成标准水产量(14%)。

1.4 数据分析

采用 Excel 2003 和 SPSS 13.0 软件处理数据。显著性差异采用方差分析中的 LSD 检验,显著水平分别为 0.05 和 0.01。采用 Sigmaplot11.0 绘图。

2 结果与分析

2.1 玉米叶面积的动态变化

秸秆循环还田不同处理玉米单株叶片面积均随生育进程的推移而增加,开花吐丝期叶面积值达到最大,然后开始下降(表 2)。开花吐丝期处理间比较秸秆还田各处理均高于现行耕法,全方位深松、高茬还田、粉碎还田、条带覆盖还田均比现行耕法高 22.22%、14.74%、13.60% 和 8.43%,其它生育时期测定结果处理间比较规律性不明显。通过对数据分析表明,秸秆归还农田培肥土壤,结合深松调控土壤,为玉米生长提供良好的土壤环境,促进根系发育,因此在一定程度上通过对根系调控促进植株地上部分的生长,在玉米生长关键时期实现叶面积的增加,为后期干物质积累和产量形成奠定良好的基础。

2.2 对玉米叶片光合特性的影响

通过对秸秆循环还田玉米叶片光合特性测定结果表明(表 3),现行耕法、高茬还田、条带覆盖和粉碎还田条件下玉米叶片的净光合速率生育期变化均表现一致的规律,随生育进程的推移逐渐

增加,到7月31日玉米抽雄吐丝期达到最大值,然后开始下降,到后期玉米叶片的净光合速率开始下降,而且下降的幅度较大,明显低于生育前期,原因是由于前期玉米营养生长阶段,根系较发达,吸收水分和养分能力强,植株间叶片不相互遮挡,株间光照充足通风较好,有利于叶片进行光合作用和二氧化碳的同化,在抽雄吐丝期达到最大值后,玉米冠层郁蔽,叶片相互遮光,而且光合产物由营养器官向生殖器官转运,因此叶片的光合

能力开始降低。通过对不同处理玉米叶片净光合速率比较可以看出,在生育前期常规耕法明显大于3种秸秆还田处理,规律为CK>T2>T3>T1,而到玉米生育中后期秸秆循环还田处理均高于现行耕法,可能是由于秸秆还田后在生育后期发挥功能调控作用明显,保蓄土壤水分,进而改善根系生长状况,增加对土壤养分和水分的吸收,对地上部分起到一定的补偿作用,延缓叶片衰老,增强光合能力,对其调控机理有待进一步研究。

表2 秸秆循环还田叶面积变化

cm²

处理	日期(日/月)						
	7/6	29/6	11/7	25/7	9/8	24/8	19/9
全方位深松	160.0	3 168.3	7 365.1	9 590.0	8 240.3	6 890.6	1 971.3
高茬还田	156.9	3 529.8	7 682.7	9 003.5	8 521.5	7 039.5	891.5
粉碎还田	151.2	3 508.5	6 980.2	8 913.5	7 640.2	6 415.8	1 320.4
条带覆盖还田	166.5	3 667.0	6 534.1	8 507.9	7 170.9	6 745.5	1 120.6
现行耕法	153.4	3 705.3	6 025.9	7 846.2	7 155.7	6 088.7	1 104.7

表3 秸秆循环还田不同处理下玉米叶片光合特性变化

指标	处理	6月23日	7月31日	8月21日	Mean ± SE
Pn	CK	30.17 ± 0.25Aa	29.90 ± 4.91Ab	21.41 ± 1.75Ab	27.16 ± 2.30
	T1	27.92 ± 0.83Aa	30.97 ± 4.46Aab	24.99 ± 1.34Aab	27.96 ± 2.21
	T2	26.38 ± 1.47Aa	30.65 ± 3.06Ab	22.23 ± 0.99Ab	26.42 ± 1.84
	T3	27.31 ± 3.01Aa	34.41 ± 2.49Ab	27.98 ± 2.20Ab	29.90 ± 2.57
	Mean ± SE	27.95 ± 1.39	31.48 ± 3.73	24.15 ± 1.57	27.86 ± 2.23
Cond	CK	0.25 ± 0.01Aa	0.30 ± 0.02Aab	0.17 ± 0.01Bb	0.24 ± 0.01
	T1	0.22 ± 0.01Aab	0.29 ± 0.02Aab	0.21 ± 0.01ABab	0.24 ± 0.01
	T2	0.19 ± 0.01Ab	0.25 ± 0.01Ab	0.17 ± 0.01ABb	0.20 ± 0.01
	T3	0.22 ± 0.03Aab	0.31 ± 0.01Aa	0.24 ± 0.02Aa	0.26 ± 0.02
	Mean ± SE	0.22 ± 0.01	0.29 ± 0.02	0.20 ± 0.01	0.23 ± 0.01
Ci	CK	84.21 ± 2.41Aa	66.66 ± 5.50Aa	106.83 ± 4.40Aab	85.90 ± 4.10
	T1	84.65 ± 1.91Aa	64.16 ± 2.82Aa	105.16 ± 8.68Aab	84.66 ± 4.47
	T2	73.10 ± 3.97Ab	37.37 ± 2.12Bb	94.10 ± 0.86Ab	68.19 ± 2.32
	T3	78.55 ± 4.70Aab	47.35 ± 2.86Bb	110.75 ± 2.69Aa	78.88 ± 3.42
	Mean ± SE	80.13 ± 3.25	53.89 ± 3.32	104.21 ± 4.16	79.41 ± 3.58
Tr	CK	4.22 ± 0.06Aa	4.36 ± 0.21Aa	3.81 ± 0.29Aa	4.13 ± 0.19
	T1	4.22 ± 0.06Aa	4.42 ± 0.17Aa	4.28 ± 0.15Aa	4.31 ± 0.13
	T2	3.85 ± 0.17Aa	3.95 ± 0.14Aa	4.17 ± 0.20Aa	3.99 ± 0.17
	T3	3.99 ± 0.42Aa	4.27 ± 0.10Aa	4.51 ± 0.29Aa	4.26 ± 0.27
	Mean ± SE	4.07 ± 0.18	4.25 ± 0.16	4.19 ± 0.23	4.17 ± 0.19
WUE	CK	6.48 ± 0.06Ab	6.85 ± 0.15Bb	5.62 ± 0.12Bbc	6.32 ± 0.11
	T1	6.61 ± 0.12Aab	6.98 ± 0.08Bb	5.83 ± 0.20ABab	6.47 ± 0.13
	T2	6.84 ± 0.14Aa	7.75 ± 0.07Aa	5.34 ± 0.05Bc	6.64 ± 0.09
	T3	6.83 ± 0.10Aa	8.05 ± 0.11Aa	6.18 ± 0.17Aa	7.02 ± 0.13
	Mean ± SE	6.69 ± 0.11	7.41 ± 1.10	5.74 ± 0.11	6.61 ± 0.11

注:Pn,光合作用速率($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$);Cond,气孔导度($\text{mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$);Ci,胞间CO₂浓度($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$);Tr,蒸腾速率($\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$);WUE,水分利用效率(Photo/Tr)。

2.3 对玉米植株干物质的影响

由表4可见,秸秆循环处理与现行耕法比较植株发育变化略有差异。各处理比对照生物产量都高,收获期各处理的干物质积累都高于对照。3年的试验结果表明,干物质积累从苗期、拔节期、

抽雄期处理间都没有明显的变化规律,但是同一个处理不同时期的干物质积累逐渐增加,吐丝期秸秆还田各处理的干物质积累都高于对照现行耕法,原因是秸秆还田结合机械深松,创建了良好的土壤环境,当玉米进入吐丝期生殖生长以后,生态

环境条件能够充分地满足作物生育后期对土壤环境的需求,所以收获时各处理的干物质积累都高于现行耕法。

表 4 秸秆循环还田下玉米植株干物质积累变化

9

年份	秸秆还田方式	干物质积累(三株重)				
		苗期	拔节期	抽雄期	吐丝期	收获期
2010 年	现行耕法(CK)	4.2	66.9	316.9	336.2	1 279.6
	高茬还田	6.2	70.5	358.0	352.6	1 317.7
	粉碎还田	5.9	46.6	310.6	361.3	1 244.8
	覆盖还田	5.9	67.3	284.0	356.6	1 240.0
	全方位深松	4.7	84.4	322.1	359.4	1 260.1
2011 年	现行耕法(CK)	4.5	42.3	223.0	258.6	1 145.5
	高茬还田	5.8	53.4	249.7	285.6	1 295.4
	粉碎还田	4.9	43.2	230.2	265.5	1 275.6
	覆盖还田	4.8	52.2	228.5	260.3	1 235.4
	全方位深松	4.9	47.4	253.1	285.6	1 265.4
2012 年	现行耕法(CK)	8.9	69.4	226.3	401.0	1 373.2
	高茬还田	9.3	77.3	272.7	410.2	1 527.6
	粉碎还田	9.0	67.3	220.3	419.8	1 485.7
	覆盖还田	7.8	66.9	294.0	424.0	1 497.2
	全方位深松	10.5	65.2	230.5	457.4	1 508.9

2.4 对玉米产量的影响

从产量结果看,全方位深松、高茬还田、粉碎还田和条带覆盖均高于现行耕法,平均增幅分别为 8.27%、13.50%、13.59 和 10.07%,其中粉碎还田和条带覆盖产量表现最高,秸秆循环还田处理间差异不明显,但与现行耕法间处理差异明显,通过方差分析达到显著水平($P \leq 0.05$),经济系数与产量表现出相同规律。从结果可以看出,秸秆循环

还田不同处理均有增加产量的趋势,高茬还田增产效果最为明显,全方位深松增产效果不如其他秸秆还田处理。从增产原因分析得出:由于全方位深松、高茬还田、粉碎还田和条带覆盖改变了传统种植模式,伏季深松蓄水,形成土壤水库,同时秸秆还田,增加土壤中养分,改善土壤环境。另一个更主要的原因是可以选耐密型品种,增加种植密度,从而通过增加株数和穗数获得高产。

表 5 秸秆循环还田对玉米产量的影响

kg/hm²

处理	产量(kg/hm ²)			平均值 ± 标准误	显著水平 LSD _{0.05}	增产幅度(%)	经济系数(%)
	2009 年	2010 年	2011 年				
全方位深松	10 686.0	11 182.6	11 145.9	11 004.83 ± 159.76	ab	8.27	52.45
高茬还田	10 724.5	12 756.20	11 129.0	11 536.56 ± 620.89	a	13.50	53.78
粉碎还田	11 962.6	11 313.3	11 360.8	11 545.56 ± 208.96	a	13.59	53.97
条带覆盖	10 010.1	12 071.1	11 482.9	11 188.03 ± 612.95	ab	10.07	52.89
现行耕法	9 806.8	10 678.6	10 005.8	10 163.73 ± 263.76	b	100	50.75

3 讨论与结论

王俊峰^[7]研究认为,玉米秸秆还田前期既可促进棉花早发稳长,使株高、果枝、真叶等器官生长发育较快,中后期能提高单株结铃,减少脱落,为棉花增产奠定基础。但玉米秸秆还田对玉米生长发育影响的研究报道较少。本文研究表明,秸秆还田处理促进玉米叶面积增加,特别是在吐丝期效果明显,同时玉米叶片对 CO₂ 同化方面也表现出较强的优势,各处理净光合速率明显高于现行耕法,而且吐丝期秸秆还田各处理的干物质积累都

高于现行耕法。笔者研究认为,秸秆还田处理对玉米生长发育表现出的促进作用一方面是由于秸秆还田增加土壤养分,培肥土壤,另一方面结合深松调控土壤结构,促进物理性质向良性发展,进而为玉米生长发育提供良好的土壤生长环境,促进玉米根系生长发育,利于对养分和水分的吸收,因此对地上部分植株生长起到了积极的促进作用。

秸秆还田对粮食的持续增产作用,主要表现在秸秆还田的培肥土壤方面。孟凡乔^[8]研究认为,在高产条件下作物产量与土壤有机质呈显著正相关。但是,秸秆还田短期内或对当季作物产量的影

响,多数试验认为有增产作用,少数试验表现为减产。孙伟红^[9]在山东潮上连续 18 年试验,秸秆还田处理的小麦和玉米产量较不施肥区对照增产 55.2%和 25.0%。另外,曾玲玲等^[10]在白浆土上 18 年定位试验,秸秆还田处理较不施肥增产 90.7%,较施氮磷化肥增产 2.3%。本文研究表明,秸秆还田处理全方位深松、高茬还田、粉碎还田和条带覆盖均高于现行耕法,平均增幅分别为 8.27%、13.50%、13.59 和 10.07%,其中粉碎还田和条带覆盖产量表现最高,笔者分析认为,增产主要是由于长期秸秆还田培肥土壤,提高土壤持续生产能力,促进环境综合指标提升,形成良好的生长环境效应,进而促进玉米产量的提高,这也验证了前人的研究结果。

参考文献:

- [1] 钟华平,岳燕珍,樊江文. 中国作物秸秆资源及其利用[J]. 资源科学, 2003, 25(4): 62-67.
 - [2] 潘根兴,李恋卿,张旭辉,等. 中国土壤有机碳库量与农业土壤碳固定动态的若干问题[J]. 2003, 18(4): 609-618.
 - [3] 孟磊,蔡祖聪,丁维新. 长期施肥对土壤碳储量和作物固定碳的影响[J]. 土壤学报, 2005, 42(5): 771-776.
 - [4] 金峰,杨浩,赵其国. 土壤有机碳储量及影响因素研究进展[J]. 土壤, 2000(32): 11-17.
 - [5] 陈新锋. 对我国农村焚烧秸秆污染治理的经济学分析[J]. 中国农村经济, 2001(2): 47-52.
 - [6] 朴香兰. 吉林省农作物秸秆资源的现状及综合利用[J]. 延边大学农学报, 2003, 25(1): 60-64.
 - [7] 王俊峰,王景财,曹礼,等. 玉米秸秆还田对棉花生育及产量的影响[J]. 江西棉花, 1996(5): 14-15.
 - [8] 孟凡乔,吴文良,辛德惠. 高产农田土壤有机质养分的变化规律与作物产量的关系[J]. 植物营养与肥料学报, 2000, 6(4): 370-374.
 - [9] 孙伟红,劳秀荣,董玉良,等. 小麦-玉米轮作体系中秸秆还田对产量及土壤钾素肥力的影响[J]. 作物杂志, 2004(4): 14-16.
 - [10] 曾玲玲,刘德福,洪音,等. 长期定点施肥对土壤养分及作物产量的影响[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2007, 19(4): 22-26.
-
- (上接第 27 页)
- #### 参考文献:
- [1] Landschulz W H, Johnson P F, Mcknight S L. The leucine zipper: a hypothetical structure common to a new class of DNA binding proteins[J]. Science, 1988, 240 (4860):1759 - 1764.
 - [2] Ja Koby M, Weisshaar B, Drue-Laser W, et al. The family of bZIP transcription factors in Arabidopsis thaliana[J]. Trends Plant Sci, 2002, 7 (3):106 - 111.
 - [3] Kang J Y, Choi H I, Im M Y, et al. Arabidopsis basic leucine zipper proteins that mediate stress-responsive abscisic acid signaling [J]. Plant Cell, 2002(14): 343-357.
 - [4] Lu G, Gao C, Zhong X, et al. Identification of OsbZIP72 as a positive regulator of ABA response and drought tolerance in rice [J]. Planta, 2009(229): 605-615.
 - [5] Stan Kovic B, Vian A, Henry-Vian C, et al. Molecular cloning and characterization of a tomato cDNA encoding a systemically wound-inducible bZIP DNA binding protein[J]. Planta, 2000, 212(1): 60 - 66.
 - [6] Wang Y C, Gao C, Liang Y, et al. A novel bZIP gene from Tamarix hispida mediates physiological responses to salt stress in tobacco plants[J]. Journal of Plant Physiology, 2010, 167 (3): 222 - 230.
 - [7] Liao Y, Zou H F, Wei W, et al. Soybean GmbZI P44, GmbZI P62 and GmbZI P78 genes function as negative regulator of ABA signaling and confer salt and freezing tolerance in transgenic Arabidopsis[J]. Planta, 2008, 228(2): 225 - 240.
 - [8] 于月华,王莉萍,高文伟,等. 小麦盐胁迫相关基因的克隆与表达分析[J]. 西北植物学报, 2012, 32(6): 1073-1078.
 - [9] Chen T H, Murata N. Enhancement of tolerance of abiotic stress by metabolic engineering of betaines and other compatible solutes [J]. Curr. Opin Plant Biol., 2002, 5 (3): 250-257.
 - [10] Cheong Y H, Moon B C, Kim J K, et al. BWMK1, a rice itogen-activated protein kinase, locates in the nucleus and mediates pathogenesis-related gene expression by activation of a transcription factor [J]. Plant Physiol, 2003, 132 (4): 1961-1972.
 - [11] Fujita Y, Fujita M, Satoh R, et al. AREB1 is a transcription activator of novel ABRE dependent ABA signaling that enhances drought stress tolerance in Arabidopsis[J]. Plant Cell, 2005(17): 3470-3488.
 - [12] Wei K, Chen J, Wang Y, et al. Genome-wide analysis of bZIP-encoding genes in maize [J]. DNA Res, 2012, 19 (6): 463-476.
 - [13] Xiang Y, Tang N, Du H, et al. Characterization of OsbZIP23 as a key player of the basic leucine zipper transcription factor family for conferring abscisic acid sensitivity and salinity and drought tolerance in rice [J]. Plant Physiol, 2008(148): 1938-1952.
 - [14] Liu C, Wu Y, Wang X. bZIP transcription factor Os-bZIP52/RISBZ5: a potential negative regulator of cold and drought stress response in rice [J]. Planta, 2012 (235): 1157-1169.
 - [15] Sun X, Li Y, Cai H, et al. The Arabidopsis AtbZIP1 transcription factor is a positive regulator of plant tolerance to salt, osmotic and drought stresses [J]. J. Plant Res., 2012 (125): 429-438.
 - [16] 刘彦丹,英生,张登峰,等. 玉米逆境胁迫响应基因 *Zm-bZIP71* 的克隆与表达分析[J]. 植物遗传资源学报, 2011, 12 (5): 775-781.