

文章编号: 1003-8701(2015)01-0023-06

深松对干旱灌区玉米光合特性及产量的影响

冯 晔¹, 王春雷¹, 张玉霞^{2*}, 张建华¹, 包额尔敦嘎¹,
高丽辉¹, 王 丹¹, 王 东¹, 郑 威¹, 张 超¹

(1. 通辽市农业科学研究院, 内蒙古 通辽 028015; 2. 内蒙古民族大学, 内蒙古 通辽 028043)

摘 要:通过对郑单958和通科1两个品种分别进行深松40 cm和30 cm处理, 光合特性都有不同程度的影响, 叶面积指数明显提高, 玉米不同层位叶净光合速率均显著提高, 深松40 cm处理的玉米不同层位叶蒸腾速率显著提高, 气孔导度只有郑单958的上部叶和下部叶在深松40 cm处理增加显著, 而胞间二氧化碳浓度只有通科1的穗位叶在深松40 cm处理降低显著, 不同年份两个品种的产量都显著提高。说明深松促进了光合作用, 提高了玉米产量, 尤其深松40 cm处理效果明显。

关键词:玉米; 深松; 光合特性; 产量

中图分类号: S513.01

文献标识码: A

DOI: 10.16423/j.cnki.1003-8701.2015.01.006

Effects of Deep Scarification on Yield and Photosynthetic Characteristics of Maize in Dry Irrigated Area

FENG Ye¹, WANG Chun-lei¹, ZHANG Yu-xia^{2*}, ZHANG Jian-hua¹, BAO Eerdun-ga¹,
GAO Li-hui¹, WANG Dan¹, WANG Dong¹, ZHENG Wei¹, ZHANG Chao¹

(1. Tongliao Academy of Agricultural Sciences, Tongliao 028015;

2. Inner Mongolia University for the Nationalities, Tongliao 028043, China)

Abstract: After 40 cm and 30 cm deep scarification, photosynthetic characteristics of Zhengdan 958 and Tongke 1 were both influenced to different degrees. Leaf area index increased significantly and leaf net photosynthetic rate of different positions were also significantly improved. Leaf transpiration rate of different positions under the 40 cm deep scarification increased significantly, stomatal conductance of upper and lower leaves of Zhengdan 958 increased significantly under the 40 cm deep scarification treatment while ear leaf intercellular CO₂ concentration of Tongke 1 reduced significantly under the 40 cm deep scarification treatment. Yields of the two varieties of different year both improved significantly, which illustrated deep scarification promoted the photosynthesis, increased yield of maize, especially for 40 cm deep scarification treatment.

Keywords: Maize; Deep scarification; Photosynthetic characteristic; Yield

通辽位于北纬42°15'~45°41'、东经119°15'~123°43', 地处松辽平原西端, 蒙古高原递降到低山丘陵和倾斜冲击平原地带, 属于干旱半干旱地区, 日照充足, 四季分明, 雨热同季, 常年风沙较大, 降水量较少, 十年九旱, 降雨主要集中在7~8

月份, 年平均降水量350~400 mm, 年平均气温7.0℃, 大部分地区无霜期90~150 d。有耕地面积107万hm², 其中灌溉面积65.7万hm²[1], 大部分玉米种植区需要灌溉来满足正常生长, 通辽市是内蒙古自治区玉米主产区, 单产和总产都一直稳居自治区首位, 被誉为“内蒙古粮仓”, 是我国重要的商品粮基地[2], 年总产量在800万t左右。

光合作用是绿色植物利用太阳能, 将CO₂和H₂O合成有机物质, 并释放O₂的过程, 植物叶片的光合作用是干物质生产和产量构成的基础, 绝大多数植物90%以上的干物质是由光合作用形成的[3]。玉米对光能的吸收及转化受到冠层结构特征及光

收稿日期: 2014-07-23

基金项目: 国家科技支撑计划(2011BAD16B13、2012BAD04B04、2013BAD07B04)

作者简介: 冯 晔(1981-), 男, 硕士, 助理研究员, 从事玉米育种与栽培技术研究。

通讯作者: 张玉霞, 女, 教授, 博士, E-mail: yuxiazhang685@163.com

合特性的影响,群体冠层结构特征的形成在不同的品种间存在一定的差异,玉米产量的形成也受到影响。如何提高玉米的光合效率和干物质积累量,提高玉米群体的产量,是我们亟待解决的问题^[4]。首先冠层结构对光有拦截和分配作用,其次是冠层对玉米生理和生育的影响^[5]。光合速率是光合作用的量度,所谓光合速率就是指单位叶面积在单位时间内同化CO₂的量或者单位叶面积在单位时间内积累干物质的量^[6]。因此,研究玉米的光合速率,进一步解析其光合特性的变化,将为玉米产量的提高提供依据。研究表明,玉米产量与群体光合作用有密切的关系,紧凑型玉米很好地利用了光能,在适宜的密度下,群体光合速率相对较高^[7]。在抽丝期至成熟期,玉米的光合速率利用最高,潜力最大,干物质积累较高,增强了能源供应能力,单株生产力相应提高^[8]。叶片是玉米主要光合器官,整个生育期内群体光合能力和经济产量的形成直接受到植株绿叶面积大小的影响,尤其是在抽雄灌浆期,对子粒产量的贡献最大^[9]。叶面积指数是决定光合产物多少的重要指标,也是冠层特性中一个比较容易调控的指标,适宜的叶面积指数,能促使玉米充分利用光能,提高产量^[10]。据报道,玉米光合作用效率和生长与玉米冠层垂直分布有正相关关系。胡昌浩研究了高产夏玉米群体光合速率与产量间的制约关系,结果表明,高产群体光合最适叶面积指数,紧凑型品种为6~7,平展型品种为4~5^[11]。

深松在东北雨养地区玉米耕作措施研究较多^[12],在干旱灌区研究尚少,深松效果还缺乏深入系统的研究^[13]。通辽地区90%以上的土地已多年未进行深松,本试验在干旱地区的灌溉区进行定点多年深松试验,目的通过不同深松深度处理和常规耕法对比,掌握通辽地区深松后光合特性的变化规律,分析不同深松深度对玉米产量的影响,为通辽市栽培技术的变革、耕作措施的改变提供一定的理论依据。在今后农业生产中,深松耕作将起到非常重要的作用,在实现农业的可持续利用过程中,具有重要的理论和现实意义。

1 材料与方 法

1.1 试验设计

试验于2011年和2012年在通辽市农业科学研究院试验田进行,试验材料为玉米品种郑单958和通科1。试验采用大区对比试验,2个品种3次重复,每个小区6行,行株距0.6 m×0.28 m,密

度6万株/hm²,不深松只旋耕的常规耕作(CK)作对照,玉米拔节期,每个品种在玉米行间分别进行深松40 cm(SS40)、深松30 cm(SS30)和不深松处理(CK)。2011年5月11日播种,2012年5月7日播种,拖拉机开沟,点种器人工点种。2011年7月10日中耕追肥,2012年7月9日中耕追肥,化控防治农田草害及虫害。灌溉方式采用大水漫灌,2011年分别在播种前、大喇叭口期和灌浆期灌溉,2012年分别在大喇叭口期和灌浆期灌溉。

1.2 测定项目及方法

从苗期开始选择有代表性的植株作标记,取样时供参考。分别于拔节期、大喇叭口期、吐丝期、乳熟期、成熟期选择生长发育一致、叶片无病斑和破损的植株取样,5次重复,测定叶面积,采用长宽系数法,即单株叶面积=长×宽×0.75。LAI=(单株叶面积×单位土地面积内株数)/单位土地面积。于吐丝期采用Li-6400便携式光合仪分别测定玉米上部叶(穗上第3叶)、穗位叶及下部叶(穗下第3叶)的净光合速率、蒸腾速率、气孔导度及胞间二氧化碳浓度,每个小区测定3株,取平均值。测定时间为9:30~11:30。成熟期在中间2行连续测10 m,数株数、穗数,收回全部果穗称重,按均值法取20个果穗考种,折算成标准含水量(14%)的产量。

2 结果与分析

2.1 深松对叶面积指数(LAI)的影响

由图1可知,玉米在整个生育期内,光合叶面积和叶面积指数变化规律相同,从拔节期到大喇叭口期迅速增长,大喇叭口期到吐丝期增长幅度最快,并在吐丝期达到最大值,乳熟期到成熟期急剧下降。相同年份郑单958与通科1间变化不大,而相同品种在不同年份变化略有不同。不同深松深度在不同年份和不同品种间变化都不相同,SS40和SS30处理在大喇叭口期到吐丝期间比对照增幅明显提高,且SS40处理比SS30处理显著。郑单958和通科1在2012年吐丝期叶面积指数达到最大值,分别为5.25和5.29。

2.2 对净光合速率(Pn)的影响

由表1可知,玉米乳熟期不同层位叶片净光合速率(Pn)均表现为穗位叶>上部叶>下部叶,深松处理的Pn大于不深松,且SS40 cm大于SS30 cm处理。2011年SS40处理郑单958和通科1上部叶、穗位叶、下部叶的Pn分别比对照高27.47%、29.56%、34.94%和26.97%、26.64%、36.36%,差异均达到极显著水平,SS30处理郑单958和通科1

上部叶、穗位叶、下部叶的 P_n 分别比对照高 10.44%、20.69%、22.17% 和 11.49%、18.65%、26.17%，差异均达到极显著水平；2012 年 SS40 处理郑单 958 和通科 1 上部叶、穗位叶、下部叶的 P_n 分别比对照高 24.16%、26.32%、29.88% 和 26.82%、33.68%、35.37%，差异均达到极显著水平，SS30 处理郑单 958 和通科 1 上部叶、穗位叶、下部叶的 P_n

分别比对照高 19.66%、20.57%、22.44% 和 18.50%、21.87%、24.56%，差异均达到极显著水平。从总体看，春玉米的下部叶片衰老早于中、上部叶片，不同深松深度对不同层位叶片影响最大的为下部叶，其次是穗位叶和上部叶，深松提高了不同层位叶片的 P_n 。

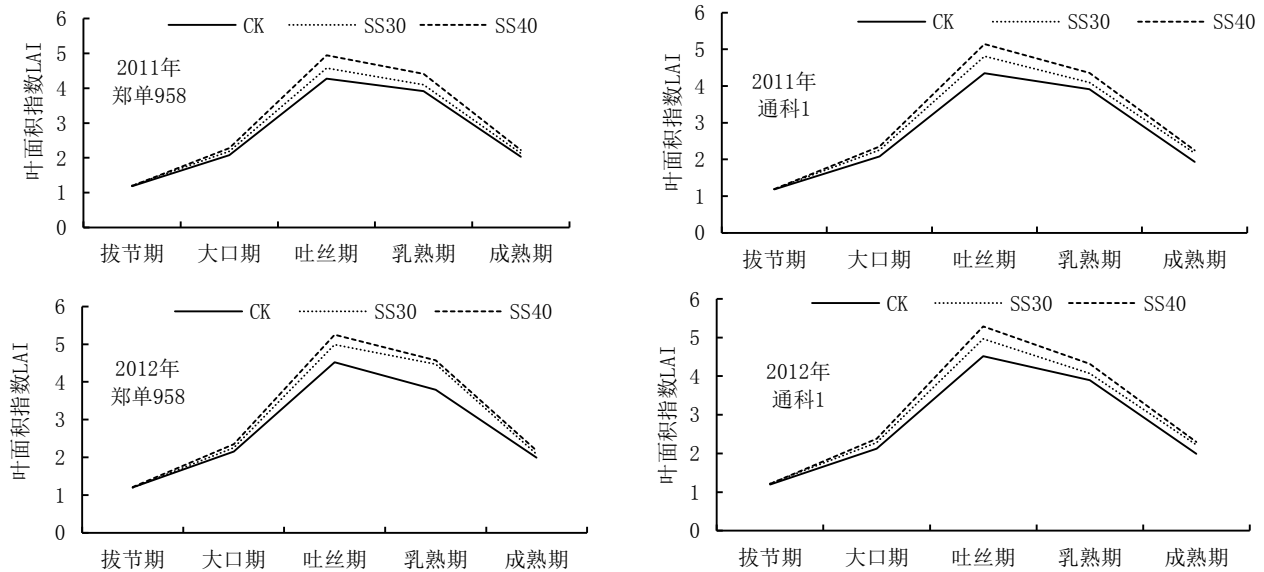


图 1 不同深松深度叶面积指数变化动态

表 1 不同深松深度对玉米不同层位叶片 P_n 的影响

$\mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

年份	品种	处理	上部叶	穗位叶	下部叶
2011 年	郑单 958	CK	18.20±0.07cC	20.30±0.05cC	8.30±0.10cC
		SS30	20.10±0.06bB	24.50±0.04bB	10.14±0.10bB
		SS40	23.20±0.06aA	26.30±0.12aA	11.20±0.06aA
	通科 1	CK	18.02±0.07cC	20.27±0.10cC	8.14±0.13cC
		SS30	20.09±0.14bB	24.05±0.14bB	10.27±0.12bB
		SS40	22.88±0.03aA	25.67±0.07aA	11.10±0.06aA
2012 年	郑单 958	CK	17.80±0.19cC	20.90±0.15cC	8.60±0.24cC
		SS30	21.30±0.08bB	25.20±0.12bB	10.53±0.10bB
		SS40	22.10±0.12aA	26.40±0.08aA	11.17±0.11aA
	通科 1	CK	17.30±0.32cC	19.30±0.13cC	8.51±0.08cC
		SS30	20.50±0.14bB	23.52±0.14bB	10.60±0.18bB
		SS40	21.94±0.15aA	25.80±0.10aA	11.52±0.14aA

2.3 对蒸腾速率 (T_r) 的影响

光合和蒸腾是作物新陈代谢的两个重要方面，作物吸收 CO_2 进行光合作用形成产量的过程也同时伴随着蒸腾消耗水分的过程。从表 2 可知，深松可提高玉米不同层位叶片的 T_r ，深松处理的 T_r 均大于不深松，且 SS40 处理效果好于 SS30

处理，玉米乳熟期不同层位叶片 T_r 均表现为上部叶 > 穗位叶 > 下部叶。2011 年，郑单 958 的上部叶、穗位叶和下部叶在 SS40 处理与对照间的 T_r 差异均达显著水平，SS30 处理与对照间的 T_r 差异仅有上部叶达显著水平，穗位叶和下部叶均不显著；通科 1 的不同层位叶深松处理与对照差异均

表2 不同深松深度对玉米不同层位叶片 Tr 的影响

mmolH₂O·m⁻²·s⁻¹

年份	品种	处理	上部叶	穗位叶	下部叶
2011年	郑单958	CK	0.94±0.23bA	0.86±0.16bA	0.68±0.26bA
		SS30	1.78±0.25aA	1.60±0.77abA	1.18±0.69abA
		SS40	1.99±0.59aA	1.93±0.43aA	1.85±0.33aA
	通科1	CK	1.89±0.55aA	1.30±0.40aA	1.29±0.21aA
		SS30	2.23±0.42aA	1.66±0.22aA	1.66±0.12aA
		SS40	2.29±0.45aA	1.82±0.42aA	1.72±0.35aA
2012年	郑单958	CK	0.97±0.20bA	0.87±0.14bA	0.72±0.23bA
		SS30	1.72±0.22aA	1.54±0.70abA	1.16±0.62abA
		SS40	1.89±0.53aA	1.85±0.38aA	1.76±0.29aA
	通科1	CK	1.80±0.49aA	1.27±0.36aA	1.44±0.19aA
		SS30	2.11±0.38aA	1.60±0.20aA	1.60±0.11aA
		SS40	2.16±0.40aA	1.84±0.38aA	1.65±0.31aA

不显著。2012年的深松效果和2011年类似。

2.4 对气孔导度(Cond)的影响

从表3可知,不同深松处理气孔导度都比对照提高,且SS40大于SS30处理,说明通过深松处理可以改善玉米营养与水分供应能力,使光合速

率升高,乳熟期不同层位叶片的Cond表现为上部叶>穗位叶>下部叶。在2011年和2012年,郑单958的上部叶和下部叶在SS40处理与对照间的Cond差异均达显著水平,其余的均不显著;通科1的不同层位叶深松处理与对照差异均不显著。

表3 不同深松深度对玉米不同层位叶片 Cond 的影响

molH₂O·m⁻²·s⁻¹

年份	品种	处理	上部叶	穗位叶	下部叶
2011年	郑单958	CK	0.014±0.005bA	0.014±0.003aA	0.012±0.005bA
		SS30	0.028±0.005abA	0.027±0.017aA	0.020±0.012abA
		SS40	0.035±0.012aA	0.034±0.009aA	0.030±0.006aA
	通科1	CK	0.033±0.012aA	0.029±0.005aA	0.026±0.013aA
		SS30	0.048±0.015aA	0.041±0.015aA	0.029±0.003aA
		SS40	0.050±0.008aA	0.048±0.008aA	0.025±0.013aA
2012年	郑单958	CK	0.022±0.004bA	0.021±0.003aA	0.020±0.004bA
		SS30	0.035±0.004abA	0.034±0.015aA	0.028±0.011abA
		SS40	0.041±0.010aA	0.041±0.008aA	0.037±0.005aA
	通科1	CK	0.040±0.011aA	0.030±0.004aA	0.028±0.011aA
		SS30	0.053±0.014aA	0.043±0.013aA	0.036±0.003aA
		SS40	0.056±0.007aA	0.045±0.007aA	0.039±0.012aA

2.5 对胞间二氧化碳浓度(Ci)的影响

从表4可知,深松后不同层位叶的胞间二氧化碳浓度(Ci)都有降低。乳熟期不同层位叶片的Ci表现为穗位叶>上部叶>下部叶。2011年和2012年,通科1的穗位叶在SS40处理与对照间的Ci差异均达极显著水平,SS40与SS30处理间的Ci

差异达显著水平,其余的均不显著;郑单958在不同层位叶的深松处理与对照差异均不显著。

2.6 深松对产量的影响

从图2可知,连续两年深松处理,不同深松深度对玉米产量影响都很显著,SS40增幅大于SS30处理,增产效果最好。2011年郑单958的SS40和

SS30 处理分别比对照增产 8.17% 和 5.54%, 通科 1 增产 8.11% 和 6.92%; 2012 年郑单 958 的 SS40 和 SS30 处理分别比对照增产 14.58% 和 12.87%, 通科 1 增产 13.36% 和 11.07%。从方差分析结果可知, 2011 年郑单 958、通科 1 在 SS40 处理与对照间差

异均达到极显著水平, SS30 处理与对照间差异均达到显著水平, 且 SS40 处理与 SS30 处理间差异均不显著; 在 2012 年郑单 958、通科 1 在 SS40 处理、SS30 处理与对照间差异均达到极显著水平, 且 SS40 处理与 SS30 处理间差异均不显著。

表 4 不同深松深度对玉米不同层位叶片 Ci 的影响

 $\mu\text{molCO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$

年份	品种	处理	上部叶	穗位叶	下部叶
2011 年	郑单 958	CK	773.33±133.66aA	807.00±85.13aA	773.66±47.71aA
		SS30	738.00±68.72aA	775.66±63.63aA	709.00±134.27aA
		SS40	723.33±58.87aA	782.66±43.68aA	677.33±126.90aA
	通科 1	CK	766.00±43.23aA	815.66±27.31aA	783.33±112.53aA
		SS30	670.33±162.86aA	787.33±13.79aAB	710.33±52.54aA
		SS40	660.66±44.63aA	714.66±44.61bB	765.00±43.71aA
2012 年	郑单 958	CK	736.00±120.23aA	776.30±76.51aA	746.30±43.00aA
		SS30	714.20±62.06aA	748.10±56.97aA	688.10±121.00aA
		SS40	701.00±52.84aA	754.40±39.52aA	659.60±113.85aA
	通科 1	CK	739.40±33.51aA	784.10±24.26aA	763.00±100.95aA
		SS30	653.30±146.76aA	758.60±12.66aAB	738.50±39.20aA
		SS40	644.60±40.27aA	693.20±40.45bB	689.30±47.25aA

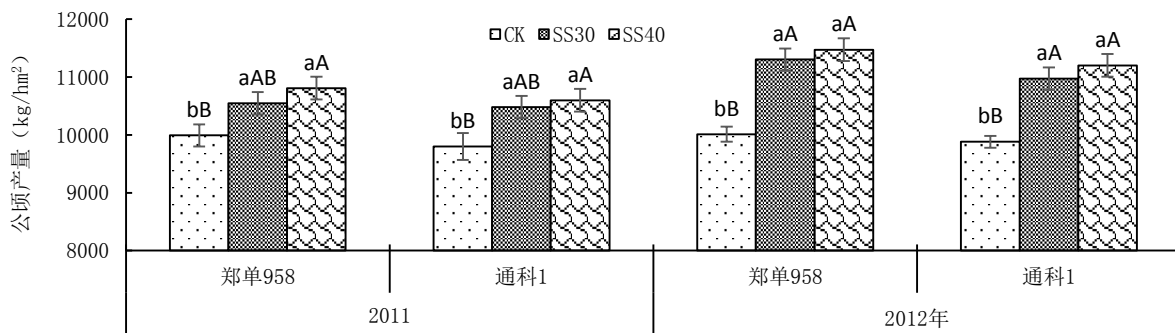


图 2 不同深松深度对玉米产量的影响

3 结论与讨论

玉米高产取决于对光能利用的提高, 玉米开花后叶片的功能和光合生产能力对产量的形成极为重要^[14]。本研究结果表明, 不同处理间玉米叶面积指数动态变化呈单峰曲线变化, 吐丝期达到峰值, 此时营养生长与生殖生长并进, 持续一段时间以后, 由于群体内个体间营养、光照、水分等竞争加剧, 群体内中下部叶片开始衰亡, 导致叶面积指数逐渐下降直至玉米成熟。不同深松处理间叶面积指数存在差异, 具体表现为 SS40 > SS30 > 不深松。干物质积累越多, 子粒产量也就

越高^[15], 所以提高干物质的生产能力是提高玉米子粒产量的根本途径^[16]。试验结果表明, 通过深松使产量显著增加, 说明在拔节期深松, 可提高玉米的产量。

深松提高了玉米光合叶面积和叶面积指数 (LAI), 且在吐丝期均达到最大值。在乳熟期两种深松处理的玉米不同层位叶净光合速率 (Pn) 均显著提高 ($P < 0.01$); 深松 40cm 处理的玉米不同层位叶蒸腾速率 (Tr) 显著提高 ($P < 0.05$), 郑单 958 深松 30 cm 处理的玉米上部叶蒸腾速率增加显著 ($P < 0.05$); 气孔导度 (Cond) 只有郑单 958 的上部叶和下部叶在深松 40 cm 处理增加显著 ($P <$

0.05),而胞间二氧化碳浓度(Ci)只有通科1的穗位叶在深松40 cm处理降低显著($P < 0.05$),说明深松促进了玉米光合作用,尤其深松40 cm处理效果明显。光合作用提高后,把光能更多地转化为干物质,促进产量的形成。郑单958和通科1两个品种连续两年在SS40和SS30处理时,都比对照增产显著。2011年郑单958的SS40和SS30处理分别比对照增产8.17%和5.54%,通科1增产8.11%和6.92%,2012年郑单958的SS40和SS30处理分别比对照增产14.58%和12.87%,通科1增产13.36%和11.07%。2011年郑单958、通科1在SS40处理与对照间差异均达到极显著水平,SS30处理与对照间差异均达到显著水平;2012年郑单958、通科1两个品种在SS40处理、SS30处理与对照间差异均达到极显著水平。

参考文献:

- [1] 包额尔敦嘎,张建华,张晋纯,等.通辽市玉米高产种植技术[J].内蒙古农业科技,2008(1):105-106.
- [2] 冯勇,侯旭光,苏二虎,等.内蒙古自治区玉米产业化生产的对策探讨[A].内蒙古农学会2004学术年会论文集[C].2004:48-49.
- [3] 江晓东,李增嘉,侯连涛,等.少免耕对灌溉农田冬小麦/夏玉米作物水、肥利用的影响[J].农业工程学报,2005,21(7):20-24.
- [4] 马国胜,薛吉全,路海东,等.不同类型饲用玉米群体光合

生理特性的研究[J].西北植物学报,2005,25(3):536-540.

- [5] 冯春生,尹芝瑞,赵述文,等.耐密型玉米光合速率与产量的关系[J].核农学报,1994(2):24-27.
- [6] 刘开昌,王庆成,张秀清,等.玉米光合性能与耐密性关系的研究[J].山东农业科学,2001(6):25-29.
- [7] 金明华.玉米自交系的耐密性及其与株型和配合力关系的研究[J].玉米科学,1995,3(1):44-47.
- [8] 苏方宏.玉米耐密性的数学表达及其应用[J].玉米科学,1998,6(1):52-54,68.
- [9] 朱韵哲.不同基因型玉米品种光合物质生产和生理特性的研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2012.
- [10] 鲍巨松,薛吉全,杨成书,等.不同株型玉米叶面积系数和群体受光态势与产量的关系[J].玉米科学,1993,1(3):50-54.
- [11] 胡昌浩,董树亭,王空军,等.我国不同年代玉米品种生育特性演进规律研究I.物质生产的演进[J].玉米科学,1998,6(2):44-48.
- [12] 王微.中耕分层深松技术研究及深松部件的有限元分析[D].沈阳:沈阳农业大学,2011.
- [13] 张西群,齐新,董文旭,等.玉米深松免耕播种对土壤性状及玉米生长发育的影响[J].河北农业科学,2010,14(3):26-28.
- [14] 米国华,陈范骏,春亮,等.玉米氮高效品种的生物特性[J].植物营养与肥料学报,2007,13(1):155-159.
- [15] 孟庆秋,谢佳贵,胡会军,等.土壤深松对玉米产量及其构成因素的影响[J].吉林农业科学,2000,25(2):25-28.
- [16] 付国占,李潮海,王俊忠,等.残茬覆盖与耕作方式对夏玉米叶片衰老代谢和子粒产量的影响[J].西北植物学报,2005,25(1):155-160.

(上接第22页)的毒性胁迫,但培养基中的烯效唑可以保护愈伤组织免受胁迫,所以同时添加两者时,愈伤组织的诱导率和绿苗分化率与对照相比均有所提高,但是与单独添加 Cu^{2+} 和烯效唑时相比,2个品种均有不同表现。在成熟胚培养中,同时添加不同浓度配比的 Cu^{2+} 和烯效唑时,既要考虑品种间的基因型对 Cu^{2+} 和烯效唑的敏感程度,还要考虑 Cu^{2+} 和烯效唑之间的互作效应,可能两者同时添加比单一因素效果要好,也有可能反而不如单独使用时效果好。

参考文献:

- [1] 林艺.水稻组织培养的研究进展及存在问题[J].安徽农学通报,2010,16(1):78-79.
- [2] 樊秀霞.水稻不同品种组培再生和转基因频率研究[D].杭州:杭州师范大学,2013.
- [3] 杨闯,尚丽霞,李淑芳,等.水稻耐盐转基因研究进展

[J].吉林农业科学,2010,35(3):21-26.

- [4] 季芝娟. AgNO_3 、 GA_3 、S-3307对水稻花药培养的组合效应及染色体倍性鉴定新方法[D].杭州:浙江大学,2004.
- [5] 付凤玲,李晚忱,荣廷昭. N6培养基添加钙和烯效唑对玉米幼胚培养的作用[J].作物学报,2005,31(5):634-639.
- [6] 周恒,罗静.烯效唑在草莓组织培养中的应用研究[J].中国南方果树,2010,39(5):69-70.
- [7] Laszio Purnhauser, Gabor Gyulai. Effect of copper on shoot and root regeneration in wheat, triticale, rape and tobacco tissue cultures[J]. Plant Cell Tissue and Organ Culture, 1993, 35(2):131-139.
- [8] 赵宏伟,宋彦超.寒地粳稻再生体系的优化研究[J].东北农业大学学报,2013(7):32-38.
- [9] 黄绿红,单杨,李高阳,等.铜元素对籼稻成熟胚组织培养的影响[J].湖南农业科学,2010(7):6-8,12.
- [10] 王熹,俞美玉,陶龙兴,等.烯效唑对水稻幼苗内源IAA含量的影响[J].Acta Botanica Sinica, 1997, 39(7):629-633.
- [11] 王尚军.水杨酸与烯效唑对盐胁迫下黑果枸杞愈伤组织生理生化特性的影响研究[D].兰州:兰州大学,2011.