苗龄对裸苗麦后移栽短季棉生长发育及产量的影响

王国平,韩迎春,毛树春*,范正义,冯　璐,李亚兵

(中国农业科学院棉花研究所/棉花生物学国家重点实验室,河南 安阳 455000)

摘要:利用基质育苗裸苗移栽技术进行短季棉麦后移栽连作是一种轻简化植棉新模式,其中适宜苗龄移栽是首要问题。试验地点在黄河流域棉区的安阳市,以中棉所50为材料,研究比较6个苗龄裸苗麦后移栽后的生长发育和产量特征。结果表明,提前育苗其现蕾期提前,苗龄每增加1 d,从移栽到现蕾期大田气积温约减少4.33℃·d,但大龄苗积温利用率不高;适龄移栽裸苗霜前花率可达到75%,子棉产量以苗龄50 d最高,达到3238.6 kg·hm^{-2};栽前棉苗素质高有助于提高成活率;麦后移栽棉具有集中生长特点,株高最快生长速度日在移栽后34 d左右,干物质和生殖器官最快积累期分别在打顶后14 d和现蕾后70 d左右;各处理功能叶酶活性在返苗前后变化大,但以苗龄50 d活性变化相对平稳。综合比较,苗龄50 d左右移栽具有较合理的产量构成和较高的增产潜力。

关键词:短季棉;裸苗移栽;苗龄;生长发育

中图分类号:S562.048　　**文献标志码**:A

文章编号:1002-7807(2011)06-0573-08

Effects of Seedling Ages on Growth, Development and Yield of Transplanted Short-season Cotton in Wheat-cotton Continuous Cropping Pattern

WANG Guo-ping, HAN Ying-chun, MAO Shu-chun*, FAN Zheng-yi, FENG Lu, LI Ya-bing

(*Cotton Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences/ State Key Laboratory of Cotton Biology, Anyang, Henan* 455000, *China*)

Abstract: Under the new wheat-cotton continuous cropping pattern, cotton substrate seedling and naked-root transplant is a main light and simple technique. Its primary target is to figure out the appropriate seedling age to transplant. This study was conducted to investigate the differences in growth, development and yield among six transplanting seedling ages for a short season cotton (*Gossypium hirsutum* L.),cv. CCRI 50, in Anyang, Yellow River Valley Planting Region. The main results were as follows: the accumulated air temperature from transplant to bud declined by 4.33℃·d with each day increase in seedling age, but accumulated temperature use efficiency reduced by increasing seedling age. Suitable transplanting seedling age resulted in a higher percentage of pre-frost cotton, about 75%. Seedling age of 50 d resulted in the greatest seed cotton yield which was 3238.6 kg·hm^{-2}. Moreover, high seedling quality had a positive effect on transplant survival rate. With the characteristics of concentrated growth, for cotton seedlings transplanted after wheat, the fastest growing rate, the greatest dry matter and reproductive organs accumulation rates occurred around 34 days after being transplanted, 14 days after topping and 70 days after squaring, respectively. Enzymatic activity of functional leaves changed a lot during the recovering stage, moreover, enzymatic activity of 50-day seedlings kept relatively stable. By comprehensive comparison, 50-day seedlings had more appropriate yield components and higher potential for yield increase.

Key words: short-season cotton; naked-root transplant; seedling age; growth & development

我国麦棉两熟种植制度大面积应用始于20世纪70年代末期,到80年代日渐发展成熟。据报道,1990年全国两熟棉田315.1万hm^2,其中麦棉占87%,形成了春棉育苗移栽套作和早熟棉套种麦田为主的带式种植模式[1-2]。作为棉区主要种植制度,麦棉两熟缓解了我国人均耕地少而产生的粮棉争地矛盾,提高了土地利用率和复种指数,在过去近30年为我国的粮食、棉花同步生产

收稿日期:2011-07-31　**作者简介**:王国平(1978-),男,助研,硕士,zmswgp@126.com,*通讯作者,maosc@cricaas.com.cn

基金项目:中央级公益性科研院所长基金(SJA0908);国家现代棉花产业技术体系(xdcytx-06)

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

作出巨大贡献。

精细管理、高投入,加上棉花价格具有较大的波动性,缺少国家持续政策鼓励,与粮食种植的比较效益下降[3-4],传统的麦棉套作两熟制度受到了巨大的冲击。据中国棉花景气报告监测[5],我国冀鲁豫及江淮等地区的一些传统麦棉套作区正在减少,种植方式一部分转为小麦 - 玉米连作,一部分转为麦棉连作。总的趋势是粮食作物面积增加,棉花要求简化和高效生产,新时期麦棉两熟要走双高(高产高效)的路子。目前,众多科学家和生产者正在探索棉花生产管理向轻简化和机械化发展,研究重点在于棉花早发促早熟、轻简和集约管理技术[5-9],基质育苗、裸苗移栽则是轻简化栽培的重要途径,应用于麦后移栽棉连作方式,具有极大的发展前景:小麦满幅播种,其产量能显著提高;小麦机收机播,减轻麦套棉模式“抢收抢种”的繁忙;而棉花生长集中,管理上趋于简化。

但是,麦后棉的发展还受到棉花生育期后移、产量偏低和熟性偏晚等因素的制约,需要研究棉花促早熟、轻简管理技术,选择连作棉花品种,提升综合管理,实行机械作业;避免用工集中紧张,农事滞后导致晚发迟熟[6-13]。鉴于连作短季棉移栽期具有时间集中性,其首要的问题就是确定适宜的移栽苗龄。本文通过在不同苗龄的裸苗移栽,研究比较它们的苗质特征、生长进程和发育特点的差异,旨在探索麦茬移栽棉集中生长的相关特征;认知高产麦茬棉生长进程及产量要素协调特点;为移栽连作简化管理和粮棉双高产提供技术和理论支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料和设计

品种选用早熟常规棉中棉所 50。田间试验于 2009 年在位于河南安阳的中国农业科学院棉花研究所试验基地进行,小麦收获后旋耕 2 次。设 6 个育苗期(分别为 3 月 19 日、4 月 2 日、4 月 16 日、4 月 30 日、5 月 14 日和 5 月 27 日)以培养不同苗龄的棉苗,采用基质育苗裸苗移栽的方法[12],于 6 月 12 日机器开沟移栽,小区行距 0.6 m,长 8.0 m,6 行区,面积 28.8 m^2,随机区组排列,重复 3 次,移栽密度 8.25 万株·hm^{-2};以当日直播为对照。土壤质地为中壤,0~20 cm 和 20~40 cm 土层有机质含量分别为 11.1 g·kg^{-1} 和 8.3 g·kg^{-1},全氮为 0.74 g·kg^{-1} 和 0.65 g·kg^{-1},速效磷为 17.8 mg·kg^{-1} 和 5.5 mg·kg^{-1},速效钾为 141 mg·kg^{-1} 和 110 mg·kg^{-1},肥力中上等。全生育期常规管理,栽前基施复合肥 300 kg·hm^{-2},化学防治棉蚜 2 次和盲蝽 3 次,缩节胺 2 次用量 150 g·hm^{-2},8 月 1 日打顶,10 月 4 日喷 40%乙烯利(1800 g·hm^{-2})催熟。田间气候 4－10 月主要气象指标:≥10℃积温为 4544.7℃·d,≥15℃积温 4411.5℃·d,≥20℃积温为 3256.5℃·d,日照时数 1345.3 h,降水量为 434.5 mm,属于高温值偏低的年份。

1.2 生育期调查和测定指标

生育期和温度测定:记载棉花各生育期,并用 Datalogging 温度记录仪逐日每小时记录田间气温值。棉苗素质调查:栽前测定各苗龄幼苗株高,干物质、鲜物质质量,叶面积和茎粗等指标。生长期内分阶段在各小区选取 3 株进行器官干物质取样和叶面积测定,并调查主要农艺性状。功能叶片 SOD,POD 酶活和 MDA 含量测定方法[14-15]:倒 4 叶取样,洗净,去除叶脉,剪碎,称鲜重 0.4 g,液氮迅速冷冻后 -50℃冰箱保存测定;SOD 活性是以其抑制氮蓝四唑(NBT)光反应 50%为一个单位酶活,POD 酶用愈疮木酚法,以 OD_{470} 每分钟增加 0.1 为一个酶活单位;MDA 含量测定用硫代巴比妥酸法,测定 532 nm 处的吸光系数。分小区实收计产,并测定铃重、衣分、单株成铃数等,霜前花率为 10 月 22 日前收获的子棉比例,对收获株型进行农艺指标比较。

试验数据处理分析和作图采用 DPS11.1 和 Microsoft Excel,统计中多重比较均采用 Duncan 法。

2 结果与分析

2.1 生育期进程和各阶段积温特征比较

麦后移栽短季棉较直播棉(CK)各阶段生育期均提前,蕾期提前了 7～17 d(表 1),花期提前 7～18 d,吐絮期提前了 8～19 d,其中 78 d 苗龄移栽的棉苗在栽后 11 d 即进入蕾期(6 月 22 日),在 9 月底进入吐絮期,移栽处理基本实现大田生长期 110 d 以内。苗龄之间比较,大龄苗的现蕾期

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

和花期相对较早,但吐絮期提前的优势差异不明显;苗龄小的生育期明显后移;除苗龄 11 d 移栽外,相邻育苗期(间隔约 14 d)处理的现蕾、开花和吐絮期只相差 1~2 d;其中苗龄 50 d,38 d 和 23 d 这 3 个处理非常接近,说明提前育苗的天数与后期的各阶段生育期并不同步提前。

表 1　不同苗龄麦后移栽棉各生育进程和≥10℃活动积温比较

Table 1　The process of growth stages and the active accumulated temperature(≥10℃) of different seedling-age transplanted cottons

苗龄 Seedling age /d	生育进程 Process of growth					大田生长期 Whole growth days in field /d	≥10℃活动积温 /(℃·d)				育苗积温对现蕾补充率 Supplement rate of seedling to squaring /%
	播种期 Date of Sowing	出苗期 Date of emer-gence	现蕾期 Date of squaring	开花期 Date of flowering	吐絮期 Date of boll opening		出苗 - 移栽 Germi-nate-trans plant	移栽 - 现蕾 Trans-plant -squaring	现蕾 - 开花 Squar-ing-flow-ering	开花 - 吐絮 Flower-ing-boll opening	
78	03-19	03-26	06-22	07-17	09-22	102	1964.7	278.0	701.4	1549.3	27.6
65	04-02	04-08	06-24	07-21	09-24	104	1700.8	332.9	749.2	1484.6	28.6
50	04-16	04-23	06-27	07-25	09-26	106	1344.1	457.4	758.8	1421.2	27.0
38	04-30	05-05	06-29	07-27	09-27	107	1037.3	484.8	750.8	1395.4	32.3
23	05-14	05-20	06-30	07-28	09-28	108	650.7	514.2	745.7	1391.8	47.0
11	05-27	06-01	07-02	07-31	10-03	113	322.4	573.2	764.3	1418.2	76.5
CK	06-12	06-16	07-09	08-07	10-11	117	-	819.7(3)	741.5	1397.3	-

注:(1)出苗 - 移栽的气温是大棚内温度,(2)育苗积温对现蕾的补充率 =(直播现蕾积温 - 处理的移栽到现蕾积温)/ 该处理的出苗到移栽积温×100,(3)直播现蕾积温是从出苗到现蕾活动积温。

Note: (1) The temperature is measured in the greenhouse, (2)Supplement rate of seedling to squaring=(the value of direct sowing－the value of a treatment)/the value of the treatment×100, (3)The active accumulated temperature of direct sowing is added up from emergence to squaring.

麦后移栽棉生物学有效积温(≥10℃)比较,田间移栽到现蕾阶段,6 个苗龄处理的气积温依次增加,以大龄苗需要气积温少,较直播可以节省有效积温最多达到 541.7℃·d,育苗累积的积温效应主要体现在对现蕾阶段的补充, 苗龄增加 1 d, 平均减少从移栽到现蕾期大田气积温 4.33℃·d。但是不同苗龄育苗积温对现蕾期的补充率不一样,大龄苗补充率低于小龄苗,积温利用率不高。因此,在生育后期阶段,各处理有效积温值相差不大。

2.2　栽前棉苗素质和移栽成活率

栽前各苗龄棉苗素质存在差异(表 2),育苗天数越长,茎粗、株高和真叶数越大;全株干物质质量比较,以 50 d 苗龄移栽最大,其根系生长也最多,极显著高于苗龄 38 d,23 d 和 11 d,也高于苗龄 65 d 和 78 d,说明基质育苗生长到一定苗龄后,因受空间环境和管理限制,幼苗及根系干物质质量能得到有效控制;而 11 d 苗龄不足 1 片真叶,表现棉苗弱小,纤细,脆嫩,全株和根系干物质质量低,说明苗龄过小幼苗生长量不足,素质

表 2　不同苗龄移栽前棉苗素质和移栽成活率比较参数

Table 2　The quality parameters and the survail rate of different age cotton seedlings transplanted

苗龄 Seedling age /d	株高 Height /cm	茎粗 Diameter of stem/cm	单株真叶数 Number of true leaf per plant	总叶面积 Full leaf area/ (cm^2·株$^{-1}$)	全株干物质质量 Whole plant dry matter /g	单株根系干物质质量 Root dry matter per plant/g	根冠比 Root/shoot ratio	移栽成活率 Rate of survival/%
78	4.6aA	0.28aA	4.3aA	24.80bB	0.68abAB	0.21aAB	0.43aAB	94.9bA
65	3.9bA	0.24bB	3.6bB	24.07bB	0.59bcAB	0.21aAB	0.55aA	96.7abA
50	3.8bB	0.22bC	2.6cC	29.48aAB	0.73aA	0.26aA	0.56aA	97.1aA
38	4.9aA	0.20cCD	3.0cC	31.68aAB	0.55cB	0.12bBC	0.27bB	95.1abA
23	2.8cC	0.18cD	1.9dD	23.55dB	0.36dC	0.11bC	0.42abAB	97.1aA
11	0.3dD	0.15dE	0.2eE	13.20eC	0.17eD	0.05bC	0.40abAB	95.5abA

注:总叶面积包括真叶和子叶的面积;大写字母表示同列数据显著水平 0.01,小写字母为 0.05。

Note: full leaf area including true leaf and cotyledon; capital letter showing significance level of 0.01 according to Ducan's multiple range test and small letter showing 0.05.

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

偏差。根冠比反映了幼苗长势是否敦实,以 50 d 最高,而 38 d 苗的根冠比仅为 0.27,此期地上长势过快,根系生长积累不足。结合以上指标,苗龄 50 d 的根冠比和干物质质量具有较好的优势,而株高、茎粗和真叶数相对合理,苗质好,移栽成活率较高。

2.3 叶面积指数特征

棉田群体叶面积指数(Leaf area index,LAI)大致呈先低后高的趋势, 各处理的各生育阶段 LAI 变化较大(表 3)。其中,前期 6 月 30 日 (栽后 18 d)以苗龄较大 78 d 的 LAI 较高,高于小苗龄,与直播棉显著差异;7 月 8 日(现蕾),以大苗龄 78 d 高,小苗龄叶片增多,各群体差异已不显著;7 月 27 日,以苗龄 50 d 最高,到 8 月 5 日时,以小苗龄和直播较高,而 78 d 最低,显著低于苗龄 23 d;到 8 月 17 日(打顶后 16 d),大苗龄 78 d 和 65 d 处理达到最大 LAI 附近, 但增长势已不强,LAI 值低于 50 d 以下各处理;8 月 31 日,50 d 等处理 LAI 也达到最大附近,而以直播棉最大;此后 LAI 逐渐下降,叶片开始落黄,植株进入衰老期,但 50 d 下降缓慢,有利于营养逐步供应生殖器官;直播棉后期因生育迟, 叶片生长旺,LAI 一直较高,至 9 月 28 日仍达 2.58,明显高于各移栽处理,呈贪青晚熟状态。

表 3 不同苗龄麦后移栽棉田各生育阶段 LAI 指数比较

Table 3 The LAI in different development periods of different age cotton seedlings transplanted

苗龄 Seedling age /d	06-30	07-08	07-27	08-05	08-17	08-31	09-10	09-28
78	0.07aA	0.21aA	1.47aA	2.17bA	2.65aA	2.47bA	2.23aA	1.13dC
65	0.06abA	0.19aA	1.52aA	2.28abA	2.75aA	2.59bA	2.30aA	1.41cdBC
50	0.05abA	0.18aA	1.56aA	2.60abA	3.08aA	3.19abA	2.29aA	1.43bcdBC
38	0.04abA	0.17aA	1.50aA	2.25abA	2.55aA	2.81abA	2.10aA	1.94bAB
23	0.06abA	0.20aA	1.56aA	2.85aA	2.78aA	3.03abA	2.27aA	1.56bcBC
11	0.05abA	0.17aA	1.54aA	2.66abA	2.67aA	3.01abA	2.57aA	1.84bcBC
CK	0.03bA	0.17aA	1.55aA	2.70abA	3.33aA	3.43aA	3.07aA	2.58aA

注:大写字母表示同列数据显著水平 0.01,小写字母为 0.05。

Note: capital letters and small letters show significance level of 0.01 and 0.05 according to Ducan's multiple range test.

2.4 主要生长发育性状的特征方程

不同苗龄麦茬移栽棉株高、全株干物质和生殖器官的生长动态方程均符合 Logistic 方程 (表 4)[16]。

2.4.1 *株高生长特征*。建立株高生长量(y_1,cm)和大田移栽后生长日数 (x_1, 直播为出苗后生长天数)Logistic 方程模型见表 4。裸苗移栽各处理的株高最快增长时间基本相同, 苗龄较大的略早,直播处理较晚,持续时间在 14 d 左右。最快的生长速率在 2.497～2.864 cm·d^{-1},以小龄苗较大,最终株高增加量也大。

2.4.2 *单株干物质生长发育特征*。单株干物质累积值(y_2,g)和各处理播种出苗后天数(x_2)的模拟方程表明, 以大龄苗最快增加特征期出现较早,在打顶后 14 d 左右出现,持续时间在 30 d 左右。相邻苗龄的移栽处理间干物质最快积累时间和速率比较同步,相差仅 1～2 d,直播处理略滞后,而且单株干物质积累速度明显低于移栽处理,最大速率低 0.124～0.495 g·d^{-1},单株干物质积累总量低于移栽处理 3.47～13.33 g(表 4)。

2.4.3 *生殖器官干物质生长发育特征*。单株生殖器官干物质(y_3,g)和各处理现蕾期后生长天数(x_3)建立 Logistic 方程表明(表 4),生殖器官干物质积累量以苗龄 50 d 处理较高, 其次是苗龄 38 d 处理,直播和苗龄 11 d 处理较低;生殖器官干物质积累持续期也存在一定差异,苗龄大和干重积累量低的处理持续短, 其中苗龄 78 d 处理为 20 d,苗龄 65 d 处理为 28 d,苗龄 50 d 的持续期最长,近 40 d,有利于总体产量的增加。生殖器官积累的最大速率 V_{max} 与苗龄有关 (相关系数为 0.8964),与现蕾期到最快积累日的天数呈负相关(相关系数为 -0.9252),说明苗龄大,最快积累日出现较早,处于光热资源富足时期(8 月中下旬),有利于加快生殖器官干重积累; 但是另一方面,增长持续期越长,积累的速率越低,生殖器官积累的总量在一定时期是有限的。

2.5 成株农艺性状比较

由表 5 可知,裸苗移栽与直播棉果枝数差异达到极显著水平, 移栽处理果枝数在 10.4 个以上,直播仅为 8.3 个,因其生长期短,打顶时果枝

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

数不足;总果节数也以直播最少,显著低于苗龄 65 d 和 50 d 处理,低近 15.5%。单株有效生殖器官总数以苗龄 50 d 的最多,显著高于直播和苗龄 78 d。脱落率以苗龄 78 d 的最高,其次为苗龄 65 d 和直播,其原因是大龄苗后期衰老时间早,叶片落黄早引起脱落多,大苗龄不利于形成更多的有效生殖器官,而直播贪青荫蔽引起器官脱落较多。

表 4　不同苗龄株高(y_1)、单株干重(y_2)和生殖器官(y_3)生长发育模拟特征方程

Table 4　The simulation characteristic equation for plant height(y_1), whole dry matter(y_2), generative organs(y_3) of different age cotton seedlings transplanted

因变量 Dependent variable	苗龄 Seedling age/d	育苗期 Date of seedling	模拟方程 Simulation equation	t_1	t_m	t_2	V_{max}/ (cm·d^{-1}, g·d^{-1})	决定系数 Coefficient of determination
y_1	78	03-19	$y_1=63.04/[1+e^{(5.6989-0.16320x_1)}]$	07-08	07-16	07-24	2.572	0.9924**
	65	04-02	$y_1=59.38/[1+e^{(6.6060-0.18906x_1)}]$	07-09	07-16	07-23	2.807	0.9885**
	50	04-16	$y_1=58.78/[1+e^{(5.9323-0.16994x_1)}]$	07-09	07-16	07-24	2.497	0.9916**
	38	04-30	$y_1=56.22/[1+e^{(6.8068-0.19820x_1)}]$	07-09	07-16	07-22	2.786	0.9818**
	23	05-14	$y_1=68.58/[1+e^{(5.7720-0.16319x_1)}]$	07-09	07-17	07-25	2.798	0.9935**
	11	05-27	$y_1=72.10/[1+e^{(5.6800-0.15888x_1)}]$	07-09	07-17	07-26	2.864	0.9917**
	CK	06-12	$y_1=63.01/[1+e^{(6.4128-0.17549x_1)}]$	07-11	07-18	07-26	2.765	0.9890**
y_2	78	03-19	$y_2=91.81/[1+e^{(13.1619-0.08989x_2)}]$	07-28	08-12	08-27	2.063	0.9954**
	65	04-02	$y_2=94.17/[1+e^{(10.6300-0.07918x_2)}]$	07-28	08-14	08-30	1.864	0.9980**
	50	04-16	$y_2=96.45/[1+e^{(9.8519-0.08267x_2)}]$	07-28	08-13	08-29	1.993	0.9821**
	38	04-30	$y_2=96.63/[1+e^{(8.1738-0.07609x_2)}]$	07-29	08-15	09-01	1.838	0.9907**
	23	05-14	$y_2=91.28/[1+e^{(7.8912-0.08358x_2)}]$	07-31	08-16	09-01	1.907	0.9930**
	11	05-27	$y_2=86.77/[1+e^{(6.2474-0.07799x_2)}]$	07-29	08-15	08-31	1.692	0.9933**
	CK	06-12	$y_2=83.30/[1+e^{(4.9711-0.07531x_2)}]$	07-30	08-17	09-03	1.568	0.9911**
y_3	78	03-19	$y_3=57.78/[1+e^{(8.8816-0.13436x_3)}]$	08-16	08-26	09-04	1.941	0.9958**
	65	04-02	$y_3=62.37/[1+e^{(6.2457-0.09127x_3)}]$	08-17	08-31	09-14	1.423	0.9985**
	50	04-16	$y_3=76.24/[1+e^{(4.8343-0.06623x_3)}]$	08-19	09-07	09-27	1.262	0.9876**
	38	04-30	$y_3=67.09/[1+e^{(5.2807-0.07404x_3)}]$	08-21	09-08	09-26	1.242	0.9889**
	23	05-14	$y_3=57.87/[1+e^{(5.7685-0.08029x_3)}]$	08-24	09-09	09-26	1.162	0.9955**
	11	05-27	$y_3=55.90/[1+e^{(5.8455-0.08143x_3)}]$	08-26	09-11	09-27	1.138	0.9983**
	CK	06-12	$y_3=55.59/[1+e^{(4.9195-0.06717x_3)}]$	08-31	09-20	10-09	0.933	0.9933**

注:** 代表 0.01 水平显著性,t_1 表示方程始增日期,t_m 表示最快增加日期,t_2 表示方程进入缓增日期,V_{max} 表示方程中各变量的当日最大的生长或积累速率。

Note: **Shows significant at 0.01 level, t_1 shows the date on beginning increase, t_m shows the fastest date, t_2 shows the date on decaying increase, V_{max} shows the MAX growing or accumulative velocity on the fastest day.

表 5　不同苗龄主要农艺性状调查比较

Table 5　The main index of agronomic traits of different age cotton seedlings transplanted

苗龄 Seedling age /d	单株果枝数 Number of sympodials	单株总果节数 Number of nodes per plant	单株有效生殖器官数 Effective reproductive organs per plant	脱落率 Rate of reproductive organs abscission /%
78	11.7aA	39.8abAB	8.8bA	78.0aA
65	12.0aA	40.7aA	9.2abA	77.5aA
50	11.4aA	40.6aA	10.8aA	72.7aA
38	10.7aA	36.2bcAB	9.6abA	73.8aA
23	11.0aA	37.3abcAB	10.3abA	74. 3aA
11	10.4aA	37.6abcAB	10.2abA	74. 7aA
CK	8.3bB	34.4cB	8.5bA	75.7aA

注:大写字母表示同列数据显著水平 0.01,小写字母为 0.05。

Note: capital letters and small letters show significance level of 0.01 and 0.05 according to Ducan's multiple range test.

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

2.6 功能叶生理指标变化

2.6.1 *丙二醛(MDA)含量比较*。移栽前功能叶的MDA含量以大苗龄处理高(图1),表明苗床生长时由于控水炼苗,棉苗生长环境较差;而移栽后1个月降到0.07 mmol·g^{-1}以下,表示叶片进入正常的旺盛生长期;到后期叶片衰黄时,含量又微有上扬趋势;各处理比较,整个生育期,几乎均以苗龄78 d和65 d处理含量较高,小苗龄处理较低,后期直播最低。栽后苗龄较大的棉花生长势弱、功能叶膜脂过氧化程度较高,而苗龄较小棉花,生长势强,功能叶膜脂过氧化程度低,恢复快。

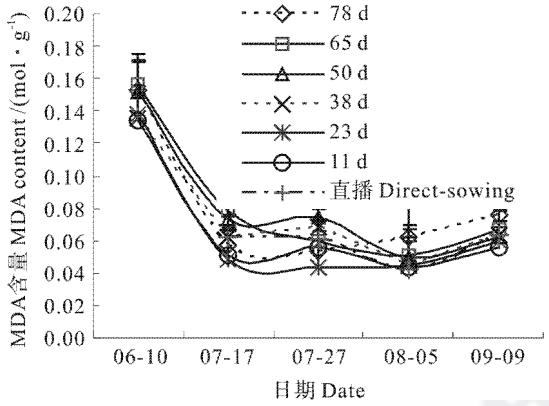

图1 不同苗龄功能叶丙二醛含量比较

Fig. 1 The content of MDA in the functional leaf of different age cotton seedlings

2.6.2 *超氧化物歧化酶活性(SOD)*。移栽处理间功能叶SOD活性与MDA变化趋势大致相似(图2),移栽前较高,且大苗龄处理功能叶SOD活性较高,其中每克鲜叶的酶活性为1150～1170 U[14],进入生长旺盛期后,胁迫程度低,活性值下降,到7月底8月中又有所增加,可能与外界高温高热环境有关,增加了清除叶内超氧化物的能力;后期叶片开始衰老,胁迫程度增加,活性又有增加趋势。其中50 d的SOD活性变化全生育期比较平稳,说明生长稳健,抗逆和调节能力较强。

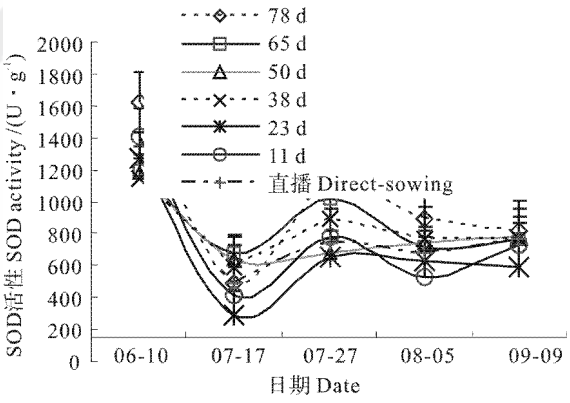

图2 不同苗龄功能叶SOD活性比较

Fig. 2 SOD activity of the functional leaf in different-aged seedlings

2.6.3 *过氧化物酶(POD)*。功能叶POD活性同样以较大苗龄较高(图3),在整个生长过程中逐步上升,由于后期促进乙烯合成,植株内过氧化物增多,活性均迅速上升,后期以大苗龄78 d活性最高,说明其植株受环境胁迫程度高,表现生理上的衰老程度较高。

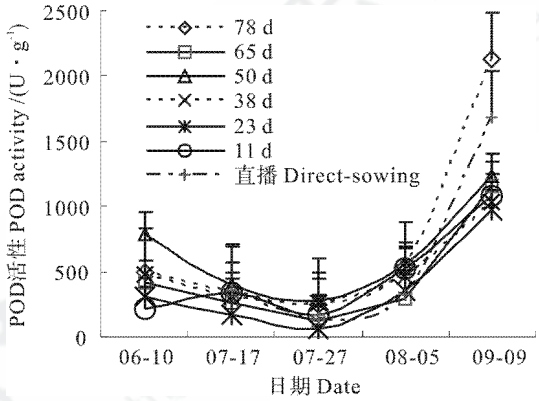

图3 不同苗龄功能叶POD活性比较

Fig. 3 POD activity of the functional leaf in different-aged seedlings

2.7 产量及产量构成分析

2.7.1 *产量分析*。子棉和皮棉产量以苗龄50 d移栽处理最高(表6),分别较直播增产418.5 kg·hm^{-2}和186.4 kg·hm^{-2},分别增产14.8%和17.5%,其次为苗龄23 d,较直播增产6.9%,苗龄78 d最低,较CK减产5.0%,苗龄50 d与78 d,65 d和直播差异达到显著水平,其余处理差异不显著。

2.7.2 *产量主要因子分析*。总成铃以苗龄50 d的最高,达到89.2万个·hm^{-2},显著高于苗龄78 d和65 d的处理。单株成铃也以苗龄50 d最多,为10.8个·株$^{-1}$,与直播差异达显著水平,主要原因是单株成铃脱落率低,有效生殖器官数量多,其它处理在8.8～10.0个·株$^{-1}$之间。

霜前花率比较,苗龄大的霜前花率略高,但苗龄78 d到23 d各处理间无显著差异,高于苗龄11 d近15~20百分点;移栽处理均极显著高于直播,以苗龄65 d最高,比直播高29.86百分点,苗龄11 d也高于直播10.06百分点。

衣分变化范围在38.0%～38.7%,差异并不显著,最高为苗龄50 d,直播低于各个移栽处理,二者相差0.94百分点。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

表 6　不同苗龄麦茬移栽棉的产量及主要构成要素分析

Table 6　The yield and its composition of different age cotton seedlings transplanted

苗龄 Seedling age/d	子棉 Seed cotton yield/(kg·hm^{-2})	皮棉 Lint yield/(kg·hm^{-2})	衣分 Lint percentage/%	铃重 Boll weight/g	总成铃 Boll number per hm^2(×10^4)	株成铃 Boll number per plant	霜前花率 Yield before frost/%
78	2680.2 bA	1020.3bA	38.07aA	3.83aA	70.2bA	8.8bA	73.18aA
65	2807.1 bA	1078.9 bA	38.45aA	3.81abA	74.1bA	9.2abA	75.48aA
50	3238.6aA	1251.3aA	38.70aA	3.62abcA	89.2aA	10.8aA	71.46aA
38	2920.8abA	1110.8abA	38.00aA	3.76abA	77.7abA	9.5abA	71.29abA
23	3015.2abA	1162.31abA	38.52aA	3.70abcA	81.6abA	10.0abA	70.46abA
11	2880.9abA	1110.7abA	38.48aA	3.53bcA	81.6abA	10.0abA	55.68bB
CK	2820.1 bA	1064.9 bA	37.76aA	3.42cA	82.7abA	8.3bA	45.62cC

注:处理苗龄 78 d 到直播的实收密度依次分别为:7.98,8.09,8.25,8.24,8.12,8.33,9.95(×10^4 株·hm^{-2})。

Note: the actual density of all treatments from 78 d to direct sowing successively are as follow: 7.98, 8.09, 8.25, 8.24, 8.12, 8.33, 9.95(×10^4 plants·hm^{-2}).

铃重比较:苗龄越大,铃重越高,移栽处理均显著高于直播,以 78 d 移栽的最高,高于直播 0.41 g,主要因为生育期处于铃期长,增长速度快,霜前花率偏高。可见,由于育苗积温有利于促进和补充现蕾积温,生育期前移,有利于霜前花增加;但是并非苗龄越大霜前花率越高,还要协调成铃分布情况实现增产。

3　讨论

本文的研究结果表明,选择早熟品种进行育苗早移栽争取前期温热资源是提高霜前花率的有效途径。关于育苗和苗龄问题,许多学者认为大而壮是首选[1-2,9-13]。但是传统营养钵育苗管理下,土钵养分和生长环境不利于控育壮苗,苗龄 4 叶以上时与培育壮苗存在时空矛盾[2,9-10]。而利用基质育苗管理培育大而壮的幼苗在管理上可控,还可实现轻简化和机械移栽。移栽要求幼苗真叶数 3 片以上,选择稳健壮苗,素质好,具有合理干物质质量或较高根冠比,苗龄 30～50 d 较适宜;苗龄过大,超过 65 d,其 SOD 和 POD 等生理酶活性值高,表明后期胁迫程度较高,表现为植株衰老快,生殖器官脱落多,不利于合理的产量形成;苗龄过小,幼苗弱小纤细,育苗积温补充不够,移栽植株架子小,贪青晚熟,不利于合理的生育进程;移栽时间在 6 月初到中旬(黄河流域宜早),提倡单株留果枝数 9~10 个,打顶时间 7 月下旬,公顷总铃数达到 82.5 万～97.5 万个,霜前花率达到 75%以上,可实现周年棉麦连作或轮作。

研究表明,连作移栽棉生长特征具有集中性,全生育期有 2 个利于生长和产量形成的快速增加阶段,为栽后 25～30 d 和 65～75 d,分别对应盛蕾期和打顶后 7～10 d 的铃期。第一时期生长加快,生长中心向生殖器官转移;第二时期干物质积累加快,生长中心向果节上有效的铃器官转移。要抓住这一特征及早管理。具体措施上,需要提前施肥,及时除掉无效蕾,有利于养分集中供应,提高坐果率和铃重[10-13,22-23]。

综上,研究黄河流域实现麦后棉连作的技术核心问题是如何提高霜前花率和产量[17-23]。主要措施是要求壮苗移栽,苗龄 30～50 d 较宜,促早栽培,前期加强提苗早管,后期促进养分向铃库运输。主体产量的形成应以内围铃为主,提高产量、铃重和有效坐果率等。此外,生产上还需进一步探索研发新的早熟小麦和棉花品种,研究适宜麦后棉连作的机械化作业模式,通过简化种植和高效管理,实现粮棉双赢,农民增收。

参考文献:

[1] 中国农业科学院棉花研究所. 棉花优质高产的理论与技术[M]. 北京:中国农业出版社,1999:93-127.
Cotton Research Institution, Chinese Academy of Agricultural Sciences. The theory and technique for cotton high yield and quality [M]. Beijing:China Agricultural Press, 1999: 93-127.

[2] 中国农业科学院棉花研究所. 中国棉花栽培学[M]. 上海:上海科学技术出版社,1983:293-335.
Cotton Research Institution, Chinese Academy of Agricultural Sciences. Cotton cultivation in China[M]. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers, 1983: 293-335.

[3] 冀名峰. 我国粮食生产的区域比较优势分析[J]. 农业经济问题,1996(5):19-24.
JI Ming-feng. Analysis on regional comparative advantage of food production in China[J]. Issues in Agricultural Economy,1996 (5):19-24.

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

[4] 陈 阜. 我国多熟种植制度新进展[J]. 耕作与栽培,1997(2):8-11.
CHEN Fu. The advances of multiple cropping system in China [J]. Tillage and Cultivation, 1997(2): 8-11.

[5] 毛树春. 中国棉花景气报告 2009[M]. 北京:中国农业出版社,2010:135-343.
MAO Shu-chun. Report on China's cotton production prosperity 2009[M]. Beijing: China Agricultural Press, 2010: 135-343.

[6] 林 昕. 麦后夏播棉育种农艺与经济性状的相关与协调[J]. 山西农业科学,2002,30(1):47-51.
LIN Xin. Study on the correlation and coordinate between breeding agronomy and economic traits of summersowing cotton after harvest of wheat[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences,2002, 30(1): 47-51.

[7] 毛树春,韩迎春. 图说棉花基质育苗移栽[M]. 北京:金盾出版社,2009:1-72.
MAO Shu-chun, Han Ying-chun. Illustration and description of seedling transplanted cotton[M]. Beijing: Jindun Press, 2009:1-72.

[8] 赵金仓,史俊东,齐宏立. 棉花机械化育苗移栽农艺指标的研究[J]. 中国棉花,2001,34(12):27-28.
ZHAO Jin-cang, Shi Jun-dong, Qi Hong-li. Study on agricultural traits of raising cotton-seedling transplanted mechanizedly[J]. China Cotton, 2001, 34(12): 27-28.

[9] 葛逢珠,李汝忠,王宗文,等. 短季棉生育进程、皮棉产量与积温、光照的关系[J]. 山东农业科学,1999(1):9-11.
GE Feng-zhu, Li Ru-zhong, Wang Zong-wen, et al. Relationship between development and lint yield of short-season cotton and accumulated temperature and light[J]. Shandong Agricultural Sciences, 1999(1): 9-11.

[10] 孙文喜,焦宏廷,胡 亮,等. 河南棉花"麦后大苗移栽"栽培技术[J]. 作物杂志,2010(1):110-111.
SUN Wen-xi, Jiao Hong-ting, Hu Liang, et al. The technique of larger cotton-seedling transplanted after harvest of wheat in Henan Province[J]. Magazine of Crop, 2010(1): 110-111.

[11] 强学杰,牛银亭,余行简,等. 麦后移栽棉的效果及优化栽培技术[J]. 农业科技通讯,2010(1):148-149.
QIANG Xue-jie, Niu Yin-ting, Yu Xing-jian, et al. The effect and optimized cultivation technique of cotton transplanted after harvest of wheat[J]. Communication of Agricultural Science and Technology, 2010(1): 148-149.

[12] 赵金仓,南殿杰,林 昕. 麦后棉花育苗移栽工程化栽培技术研究[J]. 华北农学报,2000,15(3):82-87.
ZHAO Jin-cang, Nan Dian-jie, LIN Xin. Study on engineering culture technical of transplanted cotton after harvest of wheat [J]. Acta Agriculturae Boreali - Sinica, 2000, 15(3): 82-87.

[13] 朱广廉,钟诲文,张爱琴. 小麦叶片在衰老过程中过氧化脂质含量的变化[M]// 植物生理学实验,北京:北京大学出版社,1990:245-248.
ZHU Guang-lian, Zhong Hui-wen, Zhang Ai-qin. Changes of lipid-peroxide contents during natural senescence of wheat leafs [M]//Plant Physiology Experiment. Beijing: Beijing University Press, 1990: 245-248.

[14] 袁朝兴,丁 静. 水分胁迫对棉花叶片中 IAA 含量、IAA 氧化酶和过氧化物酶活性的影响[J]. 植物生理学报,1990,16(2):179-180.
YUAN Chao-xing, Ding Jing. Effects of water stress on the content of IAA and the activities of IAA oxidase and peroxidase in cotton leaves[J]. Acta Phytophy Siologica Sinica, 1990, 16(2): 179-180.

[15] 伍维模,郑德明,董合林,等. 南疆棉花干物质和氮磷钾养分积累模拟分析[J]. 西北农业学报,2002,11(1):92-96.
WU Wei-mo, Zheng De-ming, Dong He-lin, et al. Simulating the dynamics of dry matter and N, P_2O_5, K_2O accumulation of cotton in South Xinjiang[J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2002, 11(1): 92-96.

[16] ZHANG Li-zhen, Van der Werf W, Zhang Si-ping, et al. Growth, yield and quality of wheat and cotton in relay strip intercropping systems[J]. Field Crops Research, 2007, 103: 13-53.

[17] 刁光中. 黄淮海棉区麦棉两熟研究现状和发展[J]. 中国棉花,1990,17(1):6-8.
DIAO Guang-zhong. The status and trend of wheat and cotton double cropping in Huang-huai-hai Plain cotton zone[J]. China Cotton, 1990,17(1): 6-8.

[18] 陆绪华. 黄淮海平原麦棉两熟制概述[J]. 中国棉花,1987,14(3):2-3.
LU Xu-hua. The view of wheat and cotton double cropping in Huang-huai-hai Plain[J]. China Cotton, 1987, 14(3): 2-3.

[19] 毛树春,宋美珍,张朝军,等. 黄淮海平原棉麦共生期间棉田土壤温度效应的研究[J]. 中国农业科学,1998,31(6):18-24.
MAO Shu-chun, Song Mei-zhen, Zhang Chao-jun, et al, Studies on the Effects of soil temperature in cotton fields in the wheat and cotton cogrowing period under a double cropping system in the Huanghuaihai Plains[J]. Scientia Agricultura Sinica, 1998, 31 (6): 18-24.

[20] 史宏志. 黄淮海平原棉区发展麦棉油棉两熟制的意义和构想[J]. 耕作与栽培,1989(6):6-7.
SHI Hong-zhi. The significance and conception of developing wheat and cotton double cropping pattern in Huang-huai-hai Plain[J]. Tillage and Cultivation, 1989(6): 6-7.

[21] 翟学军,王彦立,王 新,等. 超早熟短季棉麦后直播生育特性的初步研究[J]. 中国棉花,2005,32(5):8-15.
ZHAI Xue-jun,Wang Yan-li,Wang Xin, et al. The preliminary study on growth characteristic of super-short season cot-ton sowing after wheat harvest[J]. China Cotton, 2005, 32(5): 8-15.

[22] 周治国,孟亚利,施 培,等. 麦棉两熟棉铃铃重与铃期气象因子关系之研究[J]. 棉花学报,2000,12(3):122-126.
ZHOU Zhi-guo, Meng Ya-li, Shi Pei, et al. Study of the relationship between boll weight in wheat-cotton double cropping and meteorlogical factors in boll period[J]. Cotton Science, 2000, 12(3): 122-126. ●

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn