

扁秆荆三棱种群密度对棉花形态指标、产量和品质的影响

蔡晓虎, 林 萍, 史亚辉, 韩 睿, 张玉栋, 王俊刚*

(石河子大学农学院, 新疆绿洲农业病虫害治理与植保资源利用重点试验室, 石河子 832003)

摘要 为明确扁秆荆三棱不同种群密度对棉花形态指标、产量和品质的影响。本试验将扁秆荆三棱种群密度设为 0、20、40、60、80、100 株/m² 6 个梯度, 在棉花整个生长期每 10 d 测一次株高、茎粗和主茎节数, 采收期测棉花单株结铃数、单铃重、产量和纤维品质。扁秆荆三棱对棉花株高、茎粗和主茎节数影响随扁秆荆三棱种群密度的增大而增加。扁秆荆三棱种群密度为 80 株/m² 时对棉花第 6 节果枝以上结铃数和单铃重影响最大, 结铃数和单铃重相对于对照分别减少了 2.86 个和 1.82 g。棉花的产量随扁秆荆三棱种群密度的增加而降低, 其中扁秆荆三棱种群密度为 20 株/m² 时影响不大。对棉花纤维品质的影响主要表现在对棉纤维马克隆值的影响和成熟度的影响。扁秆荆三棱种群密度能显著影响棉花株高、茎粗和主茎节数, 进而对棉花产量产生极大影响。扁秆荆三棱种群密度为 20 株/m² 时对棉花产量和品质影响不大, 因此应将扁秆荆三棱种群密度控制在 20 株/m² 以下。

关键词 棉花; 扁秆荆三棱; 密度; 营养; 竞争

中图分类号: S 562, S 451 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2020179

Effects of population density of *Bolboschoenus planiculmis* on the morphological index, yield and quality of cotton

CAI Xiaohu, LIN Ping, SHI Yahui, HAN Rui, ZHANG Yudong, WANG Jungang*

(College of Agriculture, Key Laboratory of Oasis Agricultural Pest Management and Utilization of Plant-Protection Resources, Xinjiang Uygur Autonomous Region, Shihezi University, Shihezi 832003, China)

Abstract In order to determine the effects of different population densities of *Bolboschoenus planiculmis* on the morphological indicators, yield and quality of cotton, the plant height, stem thickness and number of main stem nodes were measured every 10 days during the entire period of cotton, and the number of bolls per plant, single boll weight, yield and fiber quality of cotton were measured during the harvest period, with the population density of *B. planiculmis* at 0, 20, 40, 80, 100 plants/m². The cotton plant height, stem thickness and number of main stem nodes decreased with increasing population density of *B. planiculmis*, which had the greatest impact on the upper boll number and single boll weight of cotton. When the population density of *B. planiculmis* was 80 plants/m², it had the greatest effect on the boll number and single boll weight of cotton; compared with the control, it decreased by 2.86 and 1.82 g, respectively. The yield of cotton also decreased with increasing population density of *B. planiculmis*. When the population density of *B. planiculmis* was 20 plants/m², no effect was observed. The effect on cotton fiber quality was mainly reflected in its effect on cotton fiber micronaire value and maturity. The population density of *B. planiculmis* could greatly affect cotton plant height, stem thickness, and number of main stem nodes, which in turn greatly affected cotton yield. When the population density of *B. planiculmis* was 20 plants/m², no significant impact on cotton yield and quality was observed; therefore, the population density of *B. planiculmis* should be controlled below 20 plants/m².

Key words cotton; *Bolboschoenus planiculmis*; density; nutrition; competition

收稿日期: 2020-04-08 修订日期: 2020-05-28

基金项目: 兵团重大科技项目(2018AA06-02)

* 通信作者 E-mail: wangjungang98@163.com

棉花是一种重要的经济作物和油料作物,在新疆甚至全国农业生产中占据非常重要的地位。随着棉花种植模式的改变,扁秆荆三棱 *Bolboschoenus planiculmis* (F. Schmidt) T. V. Egorova 成为棉田主要危害杂草之一^[1-2]。扁秆荆三棱属多年生草本植物,繁殖能力及适生能力强^[3],主要危害水稻和棉花等作物。杂草对棉花的生长发育、产量和品质具有很大的影响。棉田杂草危害已成为制约我国棉花高效生产和可持续发展的主要因素之一,且杂草的密度是影响杂草与棉花之间竞争作用的重要因素之一^[4]。

目前国内外关于扁秆荆三棱对棉花危害的研究报道很少,扁秆荆三棱与棉花的竞争关系尚不明确。而关于其他杂草对棉花的危害有不少研究。有研究发现裂叶牵牛 *Ipomoea hederacea* 的密度为每米行长 0~0.87 株时,每米行长增加 0.1 株,棉花产量损失增加 5.9%;当密度超过每米行长 0.87 株时,每米行长增加 0.1 株,棉花产量损失仅增加 0.5%^[5]。苍耳 *Xanthium strumarium* 密度在每米行长 0~2.1 株时,其总干物质质量随密度的增加呈线性增长;当密度达每米行长 2.1~4.3 株时,由于种内竞争,其总干物质质量增加的幅度逐渐减小^[6]。也有研究认为棉花营养生长对杂草的敏感度要明显低于生殖生长,而棉花营养生长对某些杂草竞争反应较弱;但有些则报道了杂草对棉花株高和茎粗的抑制作用^[7]。彭俊等研究发现藎草 *Schoenoplectus triqueter* 离棉花距离越近对棉花影响越大^[8],李淑英等^[9]研究发现随着反枝苋 *Amaranthus retroflexus* 密度增加,单位面积反枝苋生物量增加,对棉花生长和产量的抑制作用明显增强。

近年来,新疆棉田扁秆荆三棱危害越发严重,种群密度越来越大,且没有好的药物对扁秆荆三棱进行防除。为了明确不同扁秆荆三棱种群密度对棉花生长发育和产量的影响,进行了本试验。

1 材料与方法

1.1 试验材料和试验田概况

试验于 2019 年在石河子大学教学试验场进行。棉花品种为‘新陆早 60 号’。试验田块为多年连作棉田,扁秆荆三棱种群密度大,土质为壤土,肥力中上。于 4 月 19 日播种,种植模式为宽窄行 66 cm+10 cm,株距 9.0 cm,棉田实际棉花株数约为 15 万株/hm²。

播种后覆盖地膜,采用滴灌法浇水,并于 7 月 12 日打顶。

1.2 方法

选取扁秆荆三棱种群密度较大的棉田。试验小区大小为 2.3 m×1.0 m,并于 5 月 22 日采用拔出或移栽的方式将扁秆荆三棱定植为 6 个密度梯度,分别是 0、20、40、60、80、100 株/m²。除杂草外的其他管理措施均按大田正常管理。每个处理设 3 个重复。定植扁秆荆三棱后每隔 10 d 测 1 次棉花株高、茎粗和主茎节数,打顶期测棉花果枝数,采收期测棉花上、中和第 1 节到第 3 节果枝单铃重和单株结铃数,测棉花产量和衣分,并将棉纤维送至石河子纤维检验所测纤维长度、马克隆值、纤维整齐度、短纤维指数、纤维强度和纤维成熟度。

1.3 数据统计与分析

采用 SPSS 19.0 软件进行显著性方差分析,用 Excel 软件进行处理及作图。

2 结果与分析

2.1 扁秆荆三棱对棉花株高的影响

由图 1 可知,扁秆荆三棱对棉花株高有明显影响。扁秆荆三棱不同种群密度下的棉花株高均低于对照,且随扁秆荆三棱种群密度的增加而减小。8 月 1 日时扁秆荆三棱种群密度为 100 株/m² 处理的棉花最矮,为 44.22 cm,相对于对照株高减少了 28.00 cm。扁秆荆三棱种群密度为 20 株/m² 处理的棉花植株高于其他扁秆荆三棱密度下的棉花植株,为 57.94 cm,相对于对照棉花株高减少了 14.28 cm。6 月 22 日前即棉花苗期扁秆荆三棱种群密度对棉花株高的影响很大,尤其是 6 月 12 日至 6 月 22 日对棉花株高影响最大。6 月 22 日至 7 月 12 日棉花生长速度减缓,扁秆荆三棱各种群密度对棉花株高的影响也均减小。7 月 12 日棉花打顶,打顶后扁秆荆三棱对棉花株高的影响不明显。可见,扁秆荆三棱在棉花苗期对棉花株高的影响大于蕾期,而打顶后对棉花株高的生长几乎没有影响。

2.2 扁秆荆三棱对棉花茎粗的影响

由图 2 可知,扁秆荆三棱对棉花茎粗的影响明显,8 月 1 日时扁秆荆三棱种群密度为 100 株/m² 处理的棉花茎粗最小,为 0.76 cm,相对于对照 1.17 cm 减少 0.41 cm。在 6 月 22 日前扁秆荆三棱对棉花茎的横向生长影响明显,且随扁秆荆三棱种群密度的增

加而增大。6月22日至8月1日,对照的棉花茎粗增加了0.25 cm,而扁秆荆三棱种群密度为20株/m²时棉花茎的横向生长受到抑制,茎粗仅增加0.19 cm。扁秆荆三棱种群密度为60株/m²和80株/m²时对棉花茎粗的生长影响不大,6月22日至8月1日茎粗生长量分别为0.24 cm和0.25 cm。可见棉花苗期时扁秆荆三棱对棉花茎粗生长影响最大,而在棉花蕾期和花铃期扁秆荆三棱种群密度低时对棉花茎粗的生长有抑制作用。

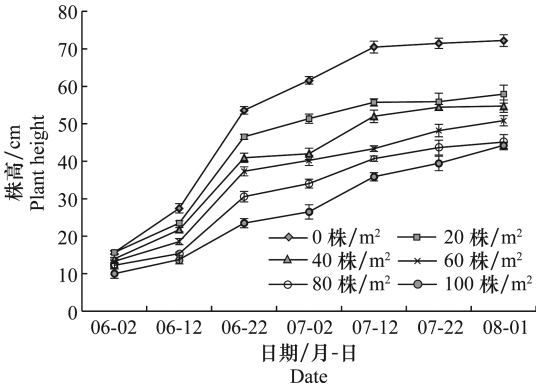


图1 扁秆荆三棱种群密度对棉花株高的影响

Fig. 1 Effects of population density of *Bolboschoenus planiculmis* on cotton plant height

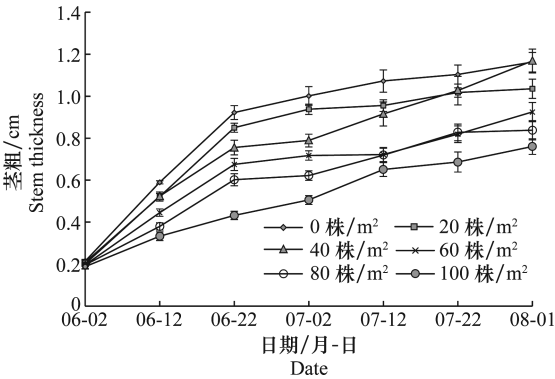


图2 扁秆荆三棱种群密度对棉花茎粗的影响

Fig. 2 Effects of population density of *Bolboschoenus planiculmis* on stem thickness of cotton

2.3 扁秆荆三棱对棉花主茎节数的影响

由图3可知,棉花主茎节数明显受到扁秆荆三棱的影响,且影响程度随扁秆荆三棱种群密度的增加而增大。扁秆荆三棱种群密度为100株/m²时对棉花主茎节数的影响最大,8月1日棉花主茎节数仅为9.11节,而对照的棉花主茎节数最大为12.78节。扁秆荆三棱种群密度为20株/m²和40株/m²时对棉花主茎节数影响不大,8月1日棉花主茎节数分别为12.33节和12.00节。6月2日至6月22

日,扁秆荆三棱对棉花主茎节数影响较大,6月22日至7月12日,扁秆荆三棱对棉花主茎节数的生长影响减小。而7月12日以后,即打顶后棉花主茎节数不再增加。

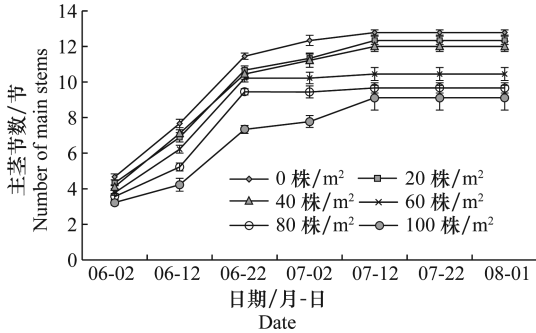


图3 扁秆荆三棱种群密度对棉花主茎节数的影响

Fig. 3 Effects of population density of *Bolboschoenus planiculmis* on the number of main cotton stems

2.4 扁秆荆三棱种群密度对棉花果枝数的影响

由图4可知,扁秆荆三棱种群密度对棉花果枝数影响显著($P<0.05$),且棉花果枝数随扁秆荆三棱种群密度的增加而减少,其中对照的棉花果枝数最多为6.67苔/株,扁秆荆三棱种群密度为100株/m²时棉花果枝数最少,为2.00苔/株,比对照减少了4.67苔/株。当扁秆荆三棱种群密度为20株/m²和40株/m²时棉花果枝数差异不显著,分别为5.22苔/株和5.11苔/株。

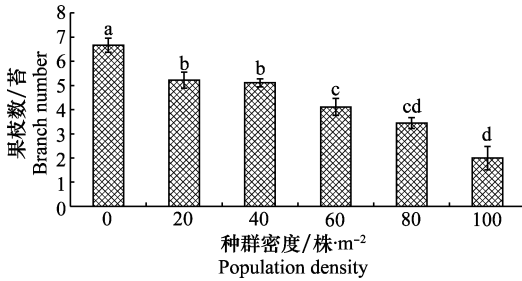


图4 扁秆荆三棱种群密度对棉花果枝数的影响

Fig. 4 Effects of population density of *Bolboschoenus planiculmis* on the branch number of cotton

2.5 扁秆荆三棱对棉花不同部位结铃数的影响

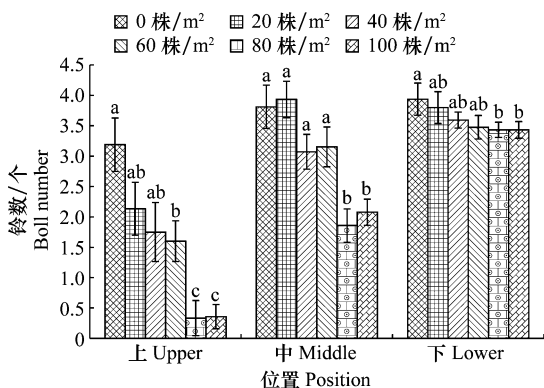
由图5可知,扁秆荆三棱种群密度对棉花结铃数影响显著($P<0.05$),棉花第6节果枝以上结铃数随着扁秆荆三棱种群密度的增加而减小,且所有处理下棉花结铃数均小于对照。其中扁秆荆三棱种群密度为80株/m²时第6节果枝以上结铃数最少,为0.33个,比对照减少2.86个。扁秆荆三棱种群密度为100株/m²时第6节果枝以上结铃数与80株/m²时相差不大,为0.36个。对照棉花第6节果枝以上

结铃数最多,为 3.19 个。

扁秆荆三棱种群密度对棉花第 4~6 节果枝棉铃数影响显著($P<0.05$),第 4~6 节果枝结铃数在扁秆荆三棱种群密度为 80 株/ m^2 时最少,为 1.86 个。密度为 20 株/ m^2 最多,为 3.93 个。

扁秆荆三棱种群密度对棉花第 1~3 节果枝结铃数影响显著($P<0.05$),且结铃数随扁秆荆三棱种群密度的增加而减少。扁秆荆三棱种群密度为 80 株/ m^2 和 100 株/ m^2 时第 1~3 节果枝结铃数最少,均为 3.43 个,显著低于对照(3.94 个)。

综上,扁秆荆三棱种群密度对棉花第 4 节果枝以上结铃数影响显著($P<0.05$),而对棉花第 4 节果枝以下结铃数影响相对较小。



上: 第6果枝以上; 中: 第4~6果枝; 下: 第1~3果枝。同一棉花部位内相同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异不显著。下同
Upper: Above the 6th fruit branches; Middle: 4th-6th fruit branches; Lower: 1st-3rd fruit branches. The same lowercase letters in the same cotton position indicate no significant difference among treatments at the 0.05 level. The same applies below

图 5 扁秆荆三棱种群密度对棉花不同部位结铃数的影响

Fig. 5 Effects of population density of *Bolboschoenus planiculmis* on the number of bolls in different parts of cotton

2.6 扁秆荆三棱对棉花不同部位单铃重的影响

由图 6 可知,扁秆荆三棱种群密度对棉花单铃重影响显著($P<0.05$),棉花第 6 节果枝以上单铃重随扁秆荆三棱种群密度的增加而减少,扁秆荆三棱种群密度为 80 株/ m^2 时第 6 节果枝以上单铃重最小,为 1.82 g。对照棉花第 6 节果枝以上单铃重最大,为 3.64 g。扁秆荆三棱种群密度为 40 株/ m^2 和 60 株/ m^2 时棉花第 6 节果枝以上单铃重差异不显著($P>0.05$),分别为 2.97 g 和 2.94 g。

扁秆荆三棱种群密度对棉花第 4~6 节果枝单铃重影响显著($P<0.05$),且棉花第 4~6 节果枝单铃重随扁秆荆三棱种群密度的增加而减小。第 4~6 节果

枝单铃重在扁秆荆三棱种群密度为 80 株/ m^2 时最小,为 2.58 g。对照最大,为 4.48 g。密度为 40 株/ m^2 和 60 株/ m^2 时棉花第 4~6 节果枝单铃重差异不大,分别为 3.20 g 和 3.29 g。

扁秆荆三棱种群密度对棉花第 1~3 节果枝单铃重影响显著($P<0.05$),所有处理第 1~3 节果枝单铃重均小于对照。对照第 1~3 节果枝单铃重为 3.93 g。扁秆荆三棱种群密度为 100 株/ m^2 时,第 1~3 节果枝单铃重最小,为 2.91 g。由此可见,扁秆荆三棱种群密度对棉花上、中和第 1~3 节果枝单铃重影响均显著($P<0.05$)。

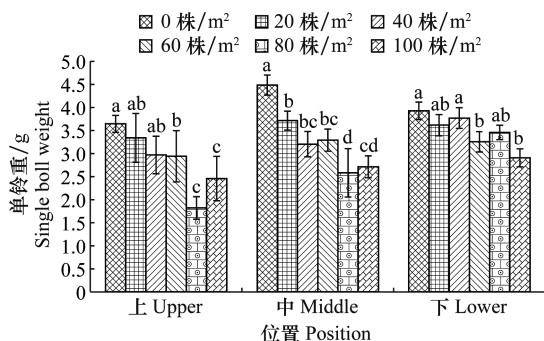


图 6 扁秆荆三棱种群密度对棉花不同部位单铃重的影响

Fig. 6 Effects of population density of *Bolboschoenus planiculmis* on the single boll weight in different parts of cotton

2.7 扁秆荆三棱对棉花产量和品质的影响

由表 1 可知,扁秆荆三棱种群密度对棉花产量影响显著($P<0.05$),棉花产量随扁秆荆三棱种群密度的增加而减小。对照的棉花产量最大,为 6 624.90 kg/ hm^2 ,扁秆荆三棱种群密度为 100 株/ m^2 时棉花产量最小,为 2 550.60 kg/ hm^2 。扁秆荆三棱种群密度为 20 株/ m^2 时对棉花产量的影响不大,为 6 501.62 kg/ hm^2 。棉花衣分随扁秆荆三棱种群密度的增加而增加。其中扁秆荆三棱种群密度为 20 株/ m^2 时衣分最小,为 40.29%。扁秆荆三棱种群密度为 100 株/ m^2 时衣分最大,为 44.90%。扁秆荆三棱对棉花纤维马克隆值影响显著($P<0.05$),棉纤维马克隆值随扁秆荆三棱种群密度的增加而减少,对照的棉花纤维马克隆值最大,为 4.92。扁秆荆三棱种群密度为 100 株/ m^2 时棉纤维马克隆值最小,为 4.71。扁秆荆三棱种群密度对棉花纤维整齐度、短纤维指数、纤维长度、纤维成熟度和纤维强度影响不显著($P>0.05$)。所有扁秆荆三棱种群密度下棉花短纤维指数均大于对照,但

扁秆荆三棱各种群密度之间棉花短纤维指数差异不显著($P>0.05$)。

表 1 扁秆荆三棱种群密度对棉花产量和品质的影响¹⁾

Table 1 Effects of population density of <i>Bolboschoenus planiculmis</i> on the yield and quality of cotton									
密度/ 株·m ⁻² Density	产量/ kg·(hm ²) ⁻¹ Yield	衣分/% Lint percentage	马克隆值 Micronaire	纤维长度/mm Fiber length	纤维整齐度/% Fiber uniformity	短纤维指数/% Short fiber index	纤维强度/ cN·tex ⁻¹ Short strength	纤维成熟度 Fiber maturity	
0	(6 624.90±441.39)a	(40.86±0.93)b	(4.92±0.35)a	(30.84±0.15)a	(85.17±0.12)a	(8.20±0.80)b	(30.13±0.50)a	(0.86±0.01)bc	
20	(6 501.62±538.21)a	(40.29±3.04)ab	(4.82±0.24)bc	(31.20±0.20)a	(85.47±0.64)a	(9.27±0.59)ab	(29.53±0.23)a	(0.89±0.01)a	
40	(4 391.01±352.12)b	(43.25±0.43)ab	(4.83±0.28)b	(30.36±0.15)a	(84.83±0.84)a	(9.13±0.18)ab	(30.73±0.09)a	(0.85±0.00)d	
60	(4 173.13±369.33)b	(42.51±0.37)ab	(4.74±0.16)d	(30.09±0.35)a	(85.33±0.55)a	(10.83±0.41)a	(30.15±0.17)a	(0.89±0.01)a	
80	(2 695.77±195.16)c	(43.39±0.31)ab	(4.75±0.23)cd	(31.23±0.59)a	(86.20±0.67)a	(9.74±0.89)ab	(29.88±0.15)a	(0.87±0.01)b	
100	(2 550.60±273.53)c	(44.90±0.08)a	(4.71±0.31)e	(30.97±0.47)a	(85.77±0.17)a	(10.70±0.19)a	(30.67±0.07)a	(0.86±0.02)bc	

1) 同一列中不同小写字母表示差异显著($P<0.05$).
Different lowercase letters in the same column represent significant difference ($P<0.05$).

3 讨论

棉花是一种对杂草十分敏感的经济作物,而杂草种群密度是影响棉花生长发育、产量和品质的重要因素之一。杂草对棉花的危害主要表现为对水肥、光照和空间等的竞争,从而影响棉花的正常生长发育,进而降低棉花产量和品质。通过研究杂草种群密度对棉花株高、茎粗、果枝数等形态指标的影响,以及对棉花产量及品质的影响,从而明确杂草种群密度与棉花产量和品质的关系。

研究表明稗草 *Echinochloa crus-galli*^[10]、苘麻 *Abutilon theophrasti*^[11] 等杂草在高密度条件下会对棉花株高、冠层宽度、茎粗等农艺性状产生显著影响,长戟叶蓼 *Polygonum maackianum*^[12] 对棉花株高没有明显抑制作用。在砂质黏壤土中,较低密度反枝苋对棉花株高和茎粗产生显著抑制作用^[13]。黄顶菊 *Flaveria bidentis*^[14] 低密度下棉花株高增加,高密度时棉花株高减小,棉花蕾期株高随黄顶菊密度的增加先增加后减小,而花铃期株高几乎不受影响,棉花果枝数随黄顶菊种群密度增加而减少。本试验结果表明,棉花株高随扁秆荆三棱种群密度的增加而减少,在棉花苗期和蕾期时棉花株高生长速度快、竞争能力弱,扁秆荆三棱对棉花株高影响较大。打顶后棉花株高几乎不再变化。棉花在 6 月 22 日前竞争能力弱,且茎粗增长快,因此扁秆荆三棱对棉花茎粗的影响显著,而 6 月 22 日后由于棉花茎粗生长缓慢且棉花竞争能力强,所以扁秆荆三棱对棉花茎粗影响不大,且棉花主茎节数随扁秆荆三棱密度的增加而减小。

杂草竞争主要是通过减少棉花的单株结铃数和单铃重而引起棉花减产^[15]。彭军等^[14] 研究发现棉

花单株结铃数、铃重和产量与黄顶菊密度呈负相关,同样,反枝苋^[9] 和 *Cucumis melo* L. var. *dudaim*^[15] 也减少棉花的单株结铃数和单铃重。而本试验研究表明,扁秆荆三棱种群密度与棉花产量以及棉花第 6 果枝以上和第 1~3 节果枝棉花单株结铃数和单铃重呈负相关,棉花果枝苔数随扁秆荆三棱种群密度的增加而减少,且扁秆荆三棱种群密度对棉花第 6 节果枝以上单株结铃数和单铃重的影响大于对棉花第 4~6 节果枝单株结铃数和单铃重,而扁秆荆三棱种群密度对棉花第 1~3 节果枝结铃数和单铃重影响最小。因此猜想扁秆荆三棱与棉花的营养竞争和对棉花株高的影响导致棉花果枝苔数减少,进而使棉花结铃数减少,单铃重减轻。

大部分杂草的竞争并不影响棉花纤维品质^[16],假高粱 *Pseudosorghum fasciculare*^[17] 只有在高密度条件下才会对棉花的品质造成影响,导致个别棉纤维品质指标下降,且对各个指标的影响程度也不相同。有些年份,反枝苋密度高时棉花上半部平均长度、断裂比强度和马克隆值受到显著影响^[13]。本研究发现扁秆荆三棱对棉纤维马克隆值影响显著,且随扁秆荆三棱种群密度的增加而减小。高密度扁秆荆三棱可增大棉花衣分,减小棉花短纤维指数。但对纤维长度、纤维整齐度和纤维强度影响不大。有研究发现弱光导致纤维强度和马克隆值降低,对纤维比强度和长度整齐度的影响与弱光时期及持续时间有关^[18]。因此猜想虽然扁秆荆三棱植株矮,但扁秆荆三棱密度对棉花通风透光影响很大。因此对纤维素形成产生影响,从而影响到棉花纤维品质。

4 结论

扁秆荆三棱种群密度对棉花株高、茎粗和主茎

节数影响显著,从而对后期棉花结铃数有显著影响。扁秆荆三棱种群密度对棉花产量也有很大影响,主要体现在棉花结铃数和单铃重的减少,且扁秆荆三棱种群密度对棉花第 6 节果枝以上结铃数和单铃重的影响最大,对棉花第 1~3 节果枝结铃数和单铃重的影响最小。可见扁秆荆三棱对棉花株高的影响是影响棉花结铃数的重要因素之一。扁秆荆三棱种群密度为 20 株/m² 时对棉花产量影响不显著,因此应使扁秆荆三棱种群密度控制在 20 株/m² 以下。扁秆荆三棱对棉花纤维品质的影响主要体现在对棉花纤维马克隆值和纤维成熟度的影响。对棉花的纤维整齐度、短纤维指数和纤维强度影响不大。

参考文献

- [1] 李志军,徐雅丽,于军,等. 扁秆蔗草生长与繁殖特性研究[J]. 塔里木农垦大学学报,2001,13(4): 21-24.
- [2] 郝彦俊,李广阔,王剑,等. 新疆棉田杂草调查[J]. 植物保护,2003,29(4): 42-44.
- [3] 罗巨海,张勇,何海芬,等. 北疆棉田杂草消长调查及综合治理[J]. 新疆农业大学学报,2004,27(S1): 75-76.
- [4] 王新玲,马小艳,姜伟丽,等. 杂草与棉花的竞争作用[J]. 棉花学报,2015,27(5): 474-480.
- [5] ROGERS J B, MURRAY D S, VERHALEN L M, et al. Ivyleaf morningglory (*Ipomoea hederacea*) interference with cotton (*Gossypium hirsutum*) [J]. Weed Technology, 1996, 10(1): 107-114.
- [6] SNIPES C E, BUCHANAN G A, STREET J E, et al. Competition of common cocklebur (*Xanthium pensylvanicum*) with cotton (*Gossypium hirsutum*) [J]. Weed Science, 1982, 30(5): 553-556.
- [7] BARNETT K A, STECKEL L E. Giant ragweed (*Ambrosia trifida*) competition in cotton [J]. Weed Science, 2013, 61

- (4): 543-548.
- [8] 彭俊. 棉花与蔗草竞争机制及化除的研究[D]. 石河子: 石河子大学,2013.
- [9] 李淑英,朱加保,路献勇,等. 反枝苋对棉花的密度竞争作用[J]. 中国农业科学,2017,50(2): 286-298.
- [10] WALKER S R, TAYLOR I N, MILNE G, et al. A survey of management and economic impact of weeds in dryland cotton cropping systems of subtropical Australia [J]. Australian Journal of Experimental Agriculture, 2005, 45(1): 79-91.
- [11] WILLIAM A B, SHAWN D A, SUNDAR D, et al. Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) interference and seed production dynamics in cotton [J]. Weed Science, 2003, 51(1): 94-101.
- [12] ASKEW S D, WILCUT J W. Pennsylvania smartweed interference and achene production in cotton [J]. Weed Science, 2002, 50(3): 350-356.
- [13] BUCHANAN G A, BURNS E R. Weed competition in cotton. II. cocklebur and redroot pigweed [J]. Weed Science, 1971, 19(5): 580-582.
- [14] 彭军,马艳,李香菊,等. 外来入侵杂草黄顶菊与棉花的竞争作用[J]. 棉花学报,2012,24(3): 272-278.
- [15] TINGLE C H, STEELE G L. Competition and control of smellmelon (*Cucumis melo* L. var. *dudaim* Naud.) in cotton [J]. Weed Science, 2003, 51(4): 586-591.
- [16] BARNETT K A, STECKEL L E. Giant ragweed (*Ambrosia trifida*) competition in cotton [J]. Weed Science, 2013, 61(4): 543-548.
- [17] WOOD M L, MURRAY D S, BANKS J C, et al. Johnsongrass (*Sorghum halepense*) density effects on cotton (*Gossypium hirsutum*) harvest and economic value [J]. Weed Technology, 2002, 16(3): 495-501.
- [18] 张新新,陈吉,刘敬然,等. 温光互作对棉花不同空间部位纤维品质的影响[J]. 中国农业科学,2015,48(5): 861-871.

(责任编辑:杨明丽)

(上接 89 页)

- [23] 刘慧,陈泽铭,侯柏华,等. 桔小实蝇和番石榴实蝇幼虫取食阶段的种内竞争[J]. 环境昆虫学报,2015,37(6): 1163-1169.
- [24] 徐学农,吕佳乐,王恩东. 国际捕食螨研发与应用的热点问题及启示[J]. 中国生物防治学报,2013,29(2): 163-174.
- [25] 邹德玉. 取食无昆虫成分人工饲料蠋蜡的转录组研究及饲养成本分析[D]. 北京:中国农业科学院,2013.
- [26] 廖平,苗少明,许若男,等. 新型蠋蜡若虫液体人工饲料效果评价[J]. 中国生物防治学报,2019,35(1): 9-14.
- [27] 焦晓国,宣维健,盛承发. 水稻二化螟的交配行为[J]. 生态学报,2006,26(4): 1110-1115.
- [28] SAEED N, MANGURI A, ABDULKARIM S, et al. Shape restoration of deformed egg-shaped single layer space frames

- [C]//2019 International Conference on Advanced Science and Engineering (ICOASE). IEEE, 2019: 220-225.
- [29] FRASER T W K, HANSEN T, FLEMING M S, et al. The prevalence of vertebral deformities is increased with higher egg incubation temperatures and triploidy in Atlantic salmon *Salmo salar* L. [J]. Journal of Fish Diseases, 2015, 38(1): 75-89.
- [30] 肖红. 雌性异色瓢虫(*Harmonia axyridis*) 多次交配及其适合度研究[D]. 西安:陕西师范大学,2010.
- [31] VERMA L R. Biology of honeybee (*Apis mellifera*) spermatozoa: I. Effect of different oiluentson motility and survival [J]. Apidologie, 1978, 9(3): 167-174.

(责任编辑:杨明丽)