苘麻对大豆的危害及其经济阈值

崔 娟[1]， 李云鹏[1]， 胡 军[2]， 董莉环[3]， 胡英露[4]， 史树森[4*]

(1. 吉林农业科技学院农学院，吉林 132101；2. 黑龙江八一农垦大学工程学院，农业农村部大豆机械化生产重点实验室，大庆 163319；3. 桓仁县农业综合服务中心，本溪 117200；4. 吉林农业大学植物保护学院，农业农村部大豆病虫害防控重点实验室，长春 130118)

摘要 苘麻 *Abutilon theophrasti* 是大豆田恶性杂草，影响农作物生长发育和产量。本研究通过在大豆田设置不同密度(0、2、4、8、16、32、64 株/m²)苘麻，研究苘麻持续危害对大豆农艺性状和产量性状的影响，采取模型拟合法分析不同密度苘麻与大豆产量损失率间的函数关系，并根据经济危害允许水平分析苘麻的防治经济阈值。结果表明，随着苘麻密度的增加，大豆株高、侧枝数、节数和单株有效荚数逐渐降低；大豆产量随着苘麻密度的增加而显著减少，当苘麻密度为 2 株/m² 时，大豆产量损失率为 10.77%；当大豆密度达到 64 株/m² 时，大豆产量损失率为 39.40%。幂函数 $y=8.207x^{0.383}$ 能较好地拟合苘麻密度与大豆产量损失率间的关系，根据经济危害允许水平和幂函数模型，84%氯酯磺草胺水分散粒剂、25%氟磺胺草醚水剂、10%乙羧氟草醚微乳剂、48%灭草松水剂防除苘麻的经济阈值分别为 0.027、0.007、0.009、0.029 株/m²。大豆产量损失率与苘麻密度呈极显著正相关，当田间苘麻密度高于 0.007 株/m² 时，应及时防除。本研究结果为制定大豆田苘麻的防治指标提供科学依据。

关键词 苘麻； 大豆； 产量性状； 经济阈值

中图分类号： S 451 **文献标识码**： A **DOI**： 10.16688/j.zwbh.2025087

Damage of *Abutilon theophrasti* on soybean and its economic threshold

CUI Juan[1]， LI Yunpeng[1]， HU Jun[2]， DONG Lihuan[3]， HU Yinglu[4]， SHI Shusen[4*]

(1. *College of Agriculture, Jilin Agriculture Science and Technology College, Jilin* 132101, *China*; 2. *College of Engineering, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Key Laboratory of Soybean Mechanized Production, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Daqing* 163319, *China*; 3. *Huanren County Agricultural Comprehensive Service Center, Benxi* 117200, *China*; 4. *College of Plant Protection, Jilin Agricultural University, Key Laboratory of Soybean Disease and Pest Control, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Changchun* 130118, *China*)

Abstract *Abutilon theophrasti* is a malignant weed in soybean field, which affects growth and yield of crops. Effects of *A. theophrasti* on agronomic traits and yield traits of soybean were studied by setting field density gradient series (0, 2, 4, 8, 16, 32, 64 plants/m²). Then functional relationship between different densities of *A. theophrasti* and soybean yields loss rate was researched by model fitting method, and control economic thresholds of *A. theophrasti* was analyzed according to the economic injury level. The results showed that the plant height, the number of lateral branches, nodes and effective pods per plant of soybean decreased with the increase of *A. theophrasti* density. The yield of soybean decreased significantly with the increase of the density of *A. theophrasti*. When the density of *A. theophrasti* was 2 plant/m², the loss rate of soybean yield was 10.77%. When the *A. theophrasti* density reached 64 plants/m², the soybean yield loss rate was 39.40%. The power function model $y=8.207x^{0.383}$ was the best in describing the relationship between *A. theophrasti* and the yield loss rate of soybean. According to the economic injury level and the power function model, the economic thresholds of *A. theophrasti* for chemical control by chlorimuron-ethyl 84% WG, fomesafen 25% AS, fluoroglycofen 10% ME and bentazone 48% AS were 0.027, 0.007, 0.009, and 0.029 plants/m², respectively. The soybean yield loss rate was significantly positively correlated with the density of *A. theophrasti*. When the density of *A. theophrasti* in the field was higher than

收稿日期： 2025-03-02 **修订日期**： 2025-03-31
基金项目： 吉林省科技发展计划重点研发项目(20240303023NC)；农业农村部大豆机械化生产重点实验室开放课题(SMP202207)
* 通信作者 E-mail：sss-63@263.net

0.007 plants/m², it should be prevented and controlled in time. The above results provided a scientific basis for the index of prevention and control of *A. theophrasti* in soybean fields.

Key words　*Abutilon theophrasti*;　soybean;　yield property;　economic threshold

苘麻 *Abutilon theophrasti* 属于锦葵科 Malvaceae 一年生草本植物[1]。除青藏高原外,苘麻广泛分布于全国各地[2],为豆类、薯类、瓜类、蔬菜、花生、棉花、烟草等农作物田间的重要杂草[3-4]。苘麻株高一般为 1～2 m,叶片面积较大,在田间与作物竞争光照、水分和营养资源,从而影响农作物的生长发育和产量[5]。目前,在东北旱作物区,苘麻已成为农田优势恶性杂草之一[6],大豆播种后的 10～20 d 为苘麻的出苗高峰期[4],严重地块每 0.5 m² 出土苘麻 22 株[7]。苘麻在相对有利的条件下可以最大限度地发挥其生长潜力,在整个生长季节内,同一时期的苘麻与大豆相比,其生长速度更快,植株高大,竞争土壤水分、肥料和光照,干扰大豆的正常生长[8-9],严重危害时可使大豆减产 70%[10]。目前,对苘麻的防治手段主要以化学药剂防除为主,主要除草剂有双氯磺草胺、氟磺胺草醚、灭草松等[11-13],在生产上几种除草剂常轮换使用。苘麻是东北地区春大豆田的主要杂草,严重危害大豆生长发育,其防治指标也随着当地大豆的价格、防治成本及产量等的变化而变化。目前,苘麻的防治多依据前人工作经验,在大豆田无明确的经济阈值作为科学依据。本文研究了苘麻密度对大豆农艺性状和产量性状的影响及苘麻密度与大豆产量损失率间的关系并确定防治经济阈值,以期在允许的经济损失范围内,合理施用除草剂,为大豆田杂草的精准防控和农药合理施用提供参考。

1　材料与方法

1.1　试验田概况

试验于 2024 年 6 月在吉林农业大学试验田进行。试验田地势平坦、肥力均匀,土壤为黑钙土,前茬作物为玉米。大豆田按照常规方法进行栽培管理,供试大豆品种为'吉农 38',种植密度为 24 万株/hm²。

1.2　试验设计

试验设 7 个苘麻密度,分别为 0(对照)、2、4、8、16、32 株/m² 和 64 株/m²,每处理 4 次重复,每小区面积约 2 m²(长 1.54 m,宽 1.30 m),随机区组排列。所有小区苘麻依据试验设置的密度在自然出草的基础上采用人工拔除方式进行定株处理,确保各处理区苘麻的种群密度与设定一致,并在试验期间每隔 7 d 检查 1 次,人工清除其他杂草,整个生育期苘麻与大豆共同生长。

1.3　调查方法

在大豆结荚期分别调查大豆和苘麻株高,每小区大豆调查 30 株,2、4、8、16 株/m² 苘麻处理小区进行全区苘麻调查,32、64 株/m² 苘麻处理小区各调查苘麻 30 株。在大豆成熟期,每小区取中间 2 行 1 m 长样方,调查大豆侧枝数、节数、单株有效荚数和空荚数,自然晾干后,称量大豆总重和百粒重。计算产量损失率。

产量损失率=(对照组产量－处理组产量)/对照组产量×100%。

1.4　数据分析

试验数据利用 Excel 2021 和 SPSS 26 软件进行统计分析,采用 Duncan 氏新复极差法进行差异显著性检验,相关性分析采用 Pearson 相关系数法,相关通径分析使用逐步回归法实现。

采用线性函数($y=ax+b$)、对数函数[$y=a\ln(x)+b$]、二次多项式($y=ax^2+bx+c$)、幂函数($y=bx^a$)、指数函数($y=be^{ax}$)等回归模型,对苘麻密度与大豆产量损失率之间的关系进行拟合,根据 R^2 与 F 值确定最优拟合模型。

经济危害允许水平(economic injury level, EIL)为引起经济损失的最低产量损失率,其对应的杂草密度为经济阈值。

$EIL=C/(Y\times P\times E)\times 100\%$。

其中 C 为杂草防除费用,Y 为大豆预期产量,P 为大豆市场价格,E 为防除效果。以目前的大豆生产水平,大豆预期产量(Y)按照 3 500 kg/hm² 计算,大豆市场价格(P)以 4 元/kg 计算,防除效果(E)按照常用的茎叶除草剂田间除草效果 90%计算。

根据苘麻密度与大豆产量损失率的相关模型和大豆的 EIL 计算经济阈值。

2　结果与分析

2.1　苘麻对大豆植株生长的影响

苘麻显著影响大豆的生长(表 1)。随着苘麻密度的增加,大豆株高呈逐渐降低的趋势,当苘麻密度≤8 株/m² 时,大豆株高与对照相比虽有下降,但差

异不显著，当苘麻密度为 16、32、64 株/m² 时，大豆株高较对照分别显著下降 12.04%、12.47%、14.98%。各处理中苘麻株高均高于大豆株高，且也随着密度的增加而降低。当苘麻密度≥4 株/m² 时，大豆侧枝数显著低于对照，当苘麻密度为 32、64 株/m² 时，大豆侧枝数较对照减少近 40%。大豆节数也随苘麻密度的增加而减少，当苘麻密度≥16 株/m² 时，大豆节数显著低于对照（$P<0.05$）。

表 1 不同密度苘麻对大豆生长的影响[1)]

Table 1 Effects of different densities of *Abutilon theophrasti* on soybean growth

苘麻密度/(株/m²) Density of *A. theophrasti*	苘麻株高/cm Plant height of *A. theophrasti*	大豆株高/cm Plant height of soybean	大豆侧枝数/个 Numbers of lateral branches of soybean	大豆节数/节 Node number of soybean
0	—	(88.60±1.80)a	(2.55±0.37)a	(12.81±0.37)a
2	(132.25±6.74)a	(83.78±8.09)ab	(2.32±0.28)a	(12.40±1.20)ab
4	(116.56±9.44)b	(82.10±3.69)ab	(1.67±0.28)b	(12.51±0.67)ab
8	(111.75±5.63)b	(81.03±4.74)ab	(1.65±0.09)b	(12.35±0.62)ab
16	(108.03±4.72)b	(77.93±2.40)b	(1.39±0.10)b	(11.31±1.06)b
32	(107.65±2.17)b	(77.55±4.14)b	(1.55±0.49)b	(11.32±0.91)b
64	(93.95±6.90)c	(75.33±7.72)b	(1.54±0.29)b	(11.19±0.78)b

1) 表中数据为平均值±标准差，同列不同小写字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验差异显著（$P<0.05$）。下同。
Data in the table are represented as mean±SD. Different lowercase letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level by Duncan's new multiple range test. The same applies below.

2.2 苘麻对大豆产量性状的影响

苘麻对大豆产量性状影响显著（表 2～3）。随着苘麻密度的增加，大豆单株有效荚数减少，当苘麻密度≥8 株/m² 时，单株有效荚数均显著低于对照，相关性分析结果表明，单株有效株数与苘麻密度呈负相关。空荚率随着苘麻密度的增加而增加，与苘麻密度呈极显著正相关，当苘麻密度为 64 株/m² 时，空荚率较对照增加 93.22%。苘麻密度对大豆百粒重无显著影响，但对大豆产量影响显著，当苘麻密度为 4～64 株/m² 时，产量均显著低于对照，产量损失率达到 14.69%～39.40%，大豆产量与苘麻密度极显著负相关，大豆产量损失率与苘麻密度呈极显著正相关。

表 2 不同密度苘麻对大豆产量性状的影响

Table 2 Effects of different densities of *Abutilon theophrasti* on soybean yield characteristics

苘麻密度/(株/m²) Density of *A. theophrasti*	单株有效荚数/个 Effective pods per plant	空荚率/% Empty pods rate	百粒重/g 100-grain weight	产量/(kg/hm²) Yield	产量损失率/% Yield loss rate
0	(24.48±2.13)a	(6.49±0.70)d	(13.99±0.37)a	(2 257.18±167.39)a	—
2	(23.58±1.42)a	(7.99±0.69)c	(13.61±0.55)a	(2 010.90±97.67)ab	(10.77±1.90)d
4	(19.85±4.08)ab	(8.87±0.26)bc	(13.25±0.78)a	(1 924.68±146.18)b	(14.69±3.34)cd
8	(18.60±2.67)b	(9.44±0.87)b	(13.81±0.20)a	(1 868.00±198.75)b	(17.32±4.81)bc
16	(18.33±4.71)b	(9.21±0.93)bc	(13.99±0.08)a	(1 782.75±246.09)b	(21.29±2.87)b
32	(17.85±3.98)b	(9.99±1.10)b	(13.98±0.33)a	(1 474.08±157.41)c	(34.80±2.57)a
64	(16.85±1.59)b	(12.54±0.39)a	(13.55±0.75)a	(1 369.35±160.88)c	(39.40±4.00)a

表 3 苘麻密度与大豆产量性状间的相关性[1)]

Table 3 Correlation between the density of *Abutilon theophrasti* and yield traits of soybean

指标 Index	苘麻密度/(株/m²) Density of *A. theophrasti*	单株有效荚数/个 Effective pods per plant	空荚率/% Empty pods rate	百粒重/g 100-grain weight	产量/(kg/hm²) Yield
单株有效荚数/个 Effective pods per plant	−0.719				
空荚率/% Empty pods rate	0.913**	−0.881**			
百粒重/g 100-grain weight	−0.055	0.059	−0.248		
产量/(kg/hm²) Yield	−0.904**	0.881**	−0.939**	0.057	
产量损失率/% Yield loss rate	0.903**	−0.883**	0.939**	−0.052	−1.000**

1) 表中数值为皮尔逊相关性系数。** 表示极显著（$P<0.01$）相关。
Numerical values in the table are Pearson correlation coefficients. ** indicate highly significant correlation ($P<0.01$).

2.3　苘麻密度与大豆产量损失率的回归分析

将苘麻密度与大豆产量损失率之间进行回归曲线拟合分析,结果显示(表 4),5 种模型均能较好地表示苘麻密度与大豆产量损失率之间的关系($P<0.05$),从 R^2 看,依次为二次多项式>幂函数>对数函数>线性函数>指数函数,二次多项式和幂函数拟合效果均较优,幂函数的 F 值最高,进一步结合拟合曲线(图 1)发现,幂函数 $y=8.207x^{0.383}$ 可更好地拟合苘麻密度与大豆产量损失率之间的关系。

表 4　不同密度苘麻与大豆产量损失率的回归分析

Table 4　Regression analysis between *Abutilon theophrasti* density and soybean yield loss rate

回归模型 Regression model	回归方程 Equation of regression	R^2	F	P
线性函数　Linear function	$y=0.459x+13.409$	0.895	33.995	0.004
对数函数　Logarithm function	$y=8.551\ln(x)+2.300$	0.929	52.090	0.002
二次多项式　Quadratic polynomial	$y=-0.009x^2+1.037x+9.271$	0.985	101.460	0.002
幂函数　Power function	$y=8.207x^{0.383}$	0.975	157.478	0.001
指数函数　Exponential function	$y=13.891e^{0.019x}$	0.816	17.733	0.014

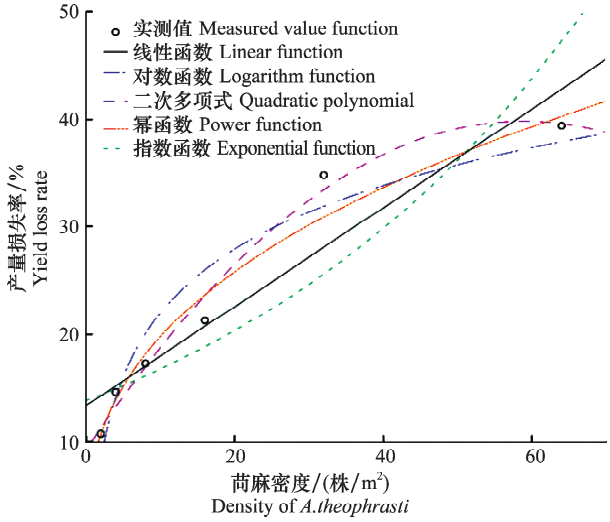

图 1　苘麻密度与大豆产量损失率的拟合曲线

Fig. 1　Curve fitting between *Abutilon theophrasti* density and yield loss rate of soybean

2.4　大豆田苘麻经济危害允许水平及经济阈值

目前,生产上大豆田杂草防除一般采用化学除草。根据市场实际调查,常用的茎叶除草剂主要有 84%氯酯磺草胺水分散粒剂、25%氟磺胺草醚水剂油、10%乙羧氟草醚微乳剂及 48%灭草松水剂,费用分别约为 260.00、154.00、172.00、266.67 元/hm²(药剂费用+人工植保机械施药费用),防除苘麻效果均为 90%左右。苘麻的经济危害允许水平因选择药剂不同也存在差异(表 5)。84%氯酯磺草胺水分散粒剂、25%氟磺胺草醚水剂油、10%乙羧氟草醚微乳剂及 48%灭草松水剂防除苘麻对应的经济危害允许水平分别为 2.06%、1.22%、1.37%和 2.12%。以苘麻的经济危害允许水平为 y 值,根据拟合出的苘麻密度与大豆产量损失率关系最佳模型 $y=8.207x^{0.383}$,计算得出大豆田苘麻防治的经济阈值(表 5),不同苗后除草剂防治结果表明,84%氯酯磺草胺水分散粒剂、25%氟磺胺草醚水剂、10%乙羧氟草醚微乳剂、48%灭草松水剂防除苘麻的经济阈值分别为 0.027、0.007、0.009、0.029 株/m²。

表 5　苘麻的经济危害允许水平及经济阈值

Table 5　Economic infestation level and economic threshold of *Abutilon theophrasti*

防除措施 Control measure	防除费用/(元/hm²) Control cost	防除效果/% Efficacy	经济危害允许水平/% Economic infestation level	经济阈值/(株/m²) Economic threshold
84%氯酯磺草胺水分散粒剂　cloransulam-methyl 84% WG	260.00	90	2.06	0.027
25%氟磺胺草醚水剂　fomesafen 25% AS	154.00	90	1.22	0.007
10%乙羧氟草醚微乳剂　fluoroglycofen 10% ME	172.00	90	1.37	0.009
48%灭草松水剂　bentazone 48% AS	266.67	90	2.12	0.029

3 结论与讨论

杂草危害是大豆减产的主要因素之一，不仅降低大豆的产量，而且严重影响大豆的品质[14]。杂草与大豆相互争夺光照、水分、养分等，其中对光的竞争最为重要，杂草株高和密度是其主要因子[15]。大豆田间因杂草种类不同，对光照和水肥的竞争能力亦有显著差异。酸模叶蓼 *Persicaria lapathifolia* 密度为 10 株/m^2 时大豆产量损失率为 11.57%，当其密度达 40 株/m^2 时，大豆产量损失近 35%[16]；当鳢肠 *Eclipta prostrata* 从 5 株/m^2 增加至 50 株/m^2 时，大豆产量损失率从 16.99% 显著增加至 73.01%[17]；鸭跖草 *Commelina communis* 40 株/m^2 时，大豆减产 17.7%～35.1%[18]；王义明[19]研究发现苘麻达到 5 株/m^2 或以上时，产量降低 35.2%以上。在整个生长季节内，同一时期的苘麻与大豆相比，其植株更高大，分枝数量更多，在适宜条件下，苘麻株高可达 3 m 以上，可获得更多的光照资源，使大豆正常生长发育受到影响从而导致产量降低[20-21]。耿志同[22]调查发现苘麻比大豆提前 7 d 进入快速生长期，在此之后苘麻的平均株高均高于大豆，与本研究结果类似。在不同密度苘麻的影响下，大豆的侧枝数、节数、单株有效荚数及产量均随苘麻密度的增加而逐渐降低。当苘麻密度为 4 株/m^2 时，大豆产量显著下降，较对照减产 14.69%；当其密度达32 株/m^2 时，大豆产量损失超过 30%。但随着苘麻密度的增加，苘麻株高也呈降低趋势，单株对大豆的影响也逐渐减小，当密度为 32 株/m^2 与 64 株/m^2 时，两者对大豆产量的影响已无显著差异。可见，农田杂草单株对作物产量影响力的变化存在明显的密度效应，即杂草单株的环境竞争力随着杂草密度的增加而减弱，而且减弱的幅度有随着密度增加而加大的趋势。

杂草经济阈值的研究多采用数学模型描述杂草与作物的竞争关系[23-24]。本研究通过对大豆产量损失率与苘麻密度进行回归分析和曲线拟合，最佳拟合方程为幂函数 $y=8.207x^{0.383}$，84%氯酯磺草胺水分散粒剂、25%氟磺胺草醚水剂、10%乙羧氟草醚微乳剂、48%灭草松水剂防除苘麻的经济阈值分别为 0.027、0.007、0.009、0.029 株/m^2。目前生产上为了控制田间杂草的危害，通常需要使用 1～2 次除草剂进行防除[25]。不同的除草剂对不同生育时期苘麻的防除效果存在明显差异，20%草铵膦水剂田间定向喷雾对 1～2 叶期苘麻可按照中、低剂量(450～900 g/hm^2)使用；大于 3 叶期时，需中、高剂量(900～1 800 g/hm^2)使用；41%草甘膦水剂在苘麻 6 叶期以上定向喷雾时均需使用高剂量(1 845 g/hm^2)；25%氟磺胺草醚水剂高剂量(750 g/hm^2)对 4 叶期以上苘麻不能有效杀灭[26]。已有研究表明苘麻的出苗时间越早对大豆田的危害程度越重[4]，在选择适合的除草剂同时也要选择正确的防除时期。经济阈值的计算不仅与作物种类、产量水平、市场价格和防除措施及防除成本有关，还与作物生产技术水平、作物密度和作物田杂草等诸多因素的影响密切相关[27]。因此，在苘麻的实际防治中，有必要根据大豆田苘麻的发生情况结合生态学的理论综合考虑，制定出适合当地的防治经济阈值，为苘麻的科学防控提供参考。

参考文献

[1] 耿志同，韩玉军，张永倩，等. 不同环境因素对苘麻种子萌发及出苗的影响[J]. 植物保护，2022，48(3)：131－135.

[2] 齐月，关潇，闫冰，等. 除草剂对苘麻子代萌发和幼苗生长的延迟影响[J]. 中国环境科学，2016，36(8)：2480－2486.

[3] 孟帅帅，黄兆峰，苏杰天，等. 苘麻不同种群的种子萌发特性[J]. 植物保护，2021，47(4)：113－117.

[4] 贾金蓉，耿志同，王月超，等. 黑龙江省大豆田苘麻田间发生动态[J]. 植物保护，2024，50(3)：316－321.

[5] 刘文莉，孟威，郭晶婷，等. 稗与苘麻对春玉米生长发育的影响及不同除草策略下的经济阈值[J]. 杂草学报，2024，42(1)：38－46.

[6] 王义生，徐研，董珈奇，等. 噻吩磺隆对苘麻的活性测定及对大豆的选择性试验[J]. 东北农业科学，2017，42(4)：27－29.

[7] 张红梅，白容霖，张慧丽，等. 长春市郊区旱田土壤杂草种子库的研究[J]. 吉林农业大学学报，2002(1)：42－46.

[8] DE SANCTIS J H S，JHALA A J. Interaction of dicamba，fluthiacet-methyl，and glyphosate for control of velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) in dicamba/glyphosate-resistant soybean [J]. Weed Technology，2021，35(5)：761－767.

[9] HARTZLER R G. Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) interference in soybean (*Glycine max*)：a survey of yield loss estimates and management recommendations [J]. Crop Protection，1997，16(5)：483－485.

[10] TABAGLIO V，FIORINI A，STERLING T M，et al. *Abutilon theophrasti*'s resilience against allelochemical-based weed management in sustainable agriculture-due to collection of highly advantageous microorganisms? [J/OL]. Plants，2023，12(4)：700. DOI：10.3390/plants12040700.

[11] 罗婵，郭小桐，王宇，等. 双氯磺草胺在东北地区春大豆田的应用效果[J]. 植物保护，2024，50(4)：376－384.

[12] 王成，牛建泽，刘建龙. 氟磺胺草醚在大豆田上的除草效果试验[J]. 现代化农业，2000(1)：7－8.
[13] 郭小桐，王宇，罗婵，等. 33%喹禾糠酯·灭草松乳油对大豆田一年生杂草的防除效果[J]. 黑龙江农业科学，2024(12)：29－34.
[14] 胡冀宁，孙备，李建东，等. 植物竞争及在杂草科学中的应用[J]. 作物杂志，2007(2)：12－15.
[15] JESCHKE M R，STOLTENBERG D L，KEGODE G O，et al. Predicted soybean yield loss as affected by emergence time of mixed-species weed communities [J]. Weed Science，2011，59(3)：416－423.
[16] 董莉环，崔娟，吴磊，等. 酸模叶蓼对大豆生长的影响及其经济阈值[J]. 中国农学通报，2017，33(15)：15－20.
[17] 罗小娟，李俊，董立尧. 大豆田鳢肠发生动态及其对大豆生长和产量的影响[J]. 大豆科学，2012，31(5)：789－792.
[18] 胡凡，付迎春，朴英，等. 鸭跖草生物学特性及与大豆竞争关系的研究[J]. 大豆科学，2003，22(3)：230－233.
[19] 王义明. 龙葵和苘麻发生数量与大豆产量的关系[J]. 杂草科学，1996(3)：10－11.
[20] ZISKA L. Observed changes in soyabean growth and seed yield from *Abutilon theophrasti* competition as a function of carbon dioxide concentration [J]. Weed Research，2013，53(2)：140－145.
[21] WANG Shu，ZHOU Daowei. Dynamic morphological plasticity in response to emergence timing in *Abutilon theophrasti* (Malvaceae) [J]. Plant-Environment Interactions，2022，3(3)：118－129.
[22] 耿志同. 苘麻生物学特性及与大豆竞争关系的研究[D]. 哈尔滨：东北农业大学，2021.
[23] 韩睿，张全成，王小丽，等. 龙葵对棉花生长的影响及其经济阈值分析[J]. 新疆农业科学，2022，59(8)：1831－1837.
[24] HEALEY A，VERHEY R，MOSWEU I，et al. Economic threshold analysis of delivering a task-sharing treatment for common mental disorders at scale：the friendship bench，Zimbabwe [J]. Evidence Based Mental Health，2022，25(2)：47－53.
[25] 田志慧，陆俊尧，袁国徽，等. 千金子与异型莎草对直播水稻产量的影响及其生态经济阈值研究[J]. 中国生态农业学报(中英文)，2020，28(3)：328－336.
[26] 姜伟丽，马小艳，任相亮，等. 3 种除草剂对不同生育时期苘麻的防除效果[J]. 中国棉花，2019，46(9)：7－10.
[27] 崔娟，董莉环，吴磊，等. 同期稗草对东北春大豆生长的影响及其经济阈值[J]. 大豆科学，2016，35(6)：992－996.

（责任编辑：张　雪）

(上接 213 页)

[27] 袁燕舞，王波，陈家骅，等. 利用啤酒废酵母自溶制备橘小实蝇引诱剂的研究[J]. 云南农业大学学报(自然科学)，2014，29(2)：293－296.
[28] 王波，陈志军，谢先辉，等. 橘小实蝇蛋白饵剂田间应用及效果评估[J]. 植物保护，2012，38(6)：181－185.
[29] 高扬，季清娥，王波，等. 橘小实蝇蛋白饵剂田间试验初报[J]. 武夷科学，2011，27(00)：85－88.
[30] LOPEZ D F，BECERRIL O H. Sodium borate inhibits decomposition of two protein hydrolysates attractive to the Mexican fruit fly [J]. Journal of Economic Entomology，1967，60(1)：137－140.
[31] LASA R，WILLIAMS T. Benzalkonium chloride provides remarkable stability to liquid protein lures for trapping *Anastrepha obliqua* (Diptera：Tephritidae) [J]. Journal of Economic Entomology，2017，110(6)：2452－2458.
[32] HEATH R R，EPSKY N D，BLOEM S，et al. pH effect on the attractiveness of a corn hydrolysate to the Mediterranean fruit fly and several *Anastrepha* species (Diptera：Tephritidae) [J]. Journal of Economic Entomology，1994，87(4)：1008－1013.
[33] PIÑERO J C，SOUDER S K，SMITH T R，et al. Attraction of *Bactrocera cucurbitae* and *Bactrocera dorsalis* (Diptera：Tephritdae) to beer waste and other protein sources laced with ammonium acetate [J]. Florida Entomologist，2017，100(1)：70－76.
[34] CASTRO-VÁZQUEZ L，PÉREZ-COELLO M S，CZBEZUDO M D. Analysis of volatile compounds of rosemary honey. Comparison of different extraction techniques [J]. Chromatographia，2003，57：227－233.
[35] CORPAS IGUARÁN E，TABORDA O G，TAPASCP A O. Identification of volatile compound markers during the ripening and senescence of lulo (Solanum quitoense Lam.) [J]. Journal of Food Science and Technology，2017，55(1)：437－442.
[36] ZHU Biying，ZHANG Jing，LI Junyao，et al. Aroma profile of Jinmudan tea produced using *Camellia sinensis*，cultivar Jinmudan using solid-phase microextraction，gas chromatography-mass spectrometry，and chemometrics [J]. European Food Research and Technology，2021，247：1061－1082.
[37] MENDOZA-AVENDAÓO C，OVANDO-CHACÓN S L，LUJÁN-HIDALGO M C，et al. Volatile compounds in tofu obtained by soy milk fermentation with *Lactobacillus plantarum* BAL-03-ITTG and *Lactobacillus fermentum* BAL-21-ITTG [J/OL]. Current Microbiology，2022，79(10)：317. DOI：10.1007/s00284-022-03014-0.
[38] STEFANINI I，CARLIN S，TOCCI N，et al. Core microbiota and metabolome of *Vitis vinifera* L. cv. Corvina grapes and musts [J/OL]. Frontiers in Microbiology，2017，8：457. DOI：10.3389/fmicb.2017.00457.

（责任编辑：田　喆）