

北京地区夏大豆田间杂草的生态 经济杀除阈期研究*

由振国

(北京农业大学, 北京 100094)

提 要

本文提出了杂草生态经济杀除阈期的概念, 并在北京地区田间试验的基础上, 建立了苗后放任和免除夏大豆田间杂草生长的相对时间与大豆相对产量间的函数关系, 并在此基础上确立了夏大豆田间杂草群落的生态经济杀除阈期的计算模型。结果表明, 夏大豆田间杂草的相对生态经济杀除阈期约处在大豆出苗至成熟期总天数的12.4%—31.0%的天数之前。在此期间进行除草, 既能确保大豆不会因杂草生长而显著减产, 又可节约阈期之前和之后盲目除草所消耗的费用, 并在一定程度上可利用杂草的固土保肥、增加土壤有机质等作用。

关键词 夏大豆; 杂草; 生态经济杀除阈期; 防治指标

近年来国内外大量的研究成果表明, 农田生态系统中的杂草, 在早期对作物无显著为害, 在一定程度上具有提高地表植被覆盖度、保蓄土壤养分、增加土壤有机质等作用。但如控制失时则易形成草荒, 从而使作物严重减产。因此, 合理的杂草防治原则是按照杂草的防治指标适时除草, 以使杂草化害为利^[1-5]。

随着我国膳食结构的改善及国家农产品价格政策的调整, 大豆作为植物性蛋白质和脂肪的来源, 其种植日益受到国内外的重视。然而, 由于在我国多以大于45cm的行距播种, 杂草极为猖獗。为了消灭其为害, 各地多习惯于在大豆播前或苗前不了解杂草发生种类的情况下盲目喷施一次除草剂, 以致杂草出苗后常因所施除草剂的杀草谱窄、持效期短等局限性及施药后杂草还在继续出苗(表1)等原因造成除草失误, 而不得不再次施药; 中耕除草则习惯于苗后即除, 结果不仅没能使杂草在其危害作物之前发挥其覆盖土壤、减少水、肥、土流失等作用^{[1][5]}, 而且浪费了相应的人力、物力及除草剂, 增加了大豆生产成本。为了提高除草的生态和经济效益, 我们于1986年曾提出了杂草的生态经济阈值和杀除阈值这两个指标¹⁾, 为明确杂草究竟在多大的密度下、长到什么程度时除草最为合理, 提供了理论依据。现又通过多年多点的田间实验, 提出和研究了夏大豆田间杂草具体的生态经济杀除阈期, 这也是为生态经济地杀除大豆田间杂草提供宏观、快速决策指标的一个尝试。

一、材料与方 法

(一) 试验概况与设计

本文于1992年3月收到, 11月收到修改稿。

* 国家自然科学基金资助项目, 研究过程中曾得到北京农业大学李孙荣教授的热心帮助指导, 特此致谢!

1) 由振国, 1986; 夏大豆田间杂草与大豆的生态经济关系及其治理策略, 北京农业大学硕士论文。

后文1)均同此。

1984年采用大豆早熟7号品种,生育期94天,种植密度22.25万株/ha;1985年采用早熟14号大豆品种,生育期93天,种植密度24.75万株/ha;1991年采用农大8667大豆品种,生育期94天,种植密度24.75万株/ha。试验前在当地选杂草发生量较大的地块作为试验田。各年皆机械统一播种,苗后浇水,以促进大豆和杂草萌发出苗,并根据试验种类按“添加法”配置相应的大豆-杂草群落。小区面积为3—15m²,各处理同年内皆重复3次。全试验由四个子试验组成,皆为单因素试验,随机区组设计。

试验1:于1984年在昌平北京农大实验站进行。7个处理:任杂草与大豆一起出苗并分别生长至大豆苗后0、21、32、46、60、73天及大豆成熟期,之后保持无草,使苗后杂草生长的相对天数分别占大豆苗后生育期总天数的0、23.9、36.4、52.3、68.2、83.0和100%。

试验2:于1985年实施于昌平北农大实验站。6个处理:任杂草与大豆一起出苗并分别生长至大豆苗后0、14、25、35、44天及成熟期,之后保持田间无草,使苗后杂草生长的相对天数分别占大豆苗后生育期总天数的0、11.8、16.5、29.4、41.2、51.8和100%。

试验3:于1991年在马连洼进行。7个处理:任杂草与大豆一起出苗并分别生长至大豆苗后0、14、21、28、35、63天及成熟期,之后保持田间无草,使苗后杂草生长的相对天数分别占大豆苗后生育期总天数的0、16.5、24.7、32.9、41.2、74.1和100%。

试验4:于1985年在昌平北农大实验站进行。7个处理:使杂草分别于大豆苗后0、21、35、49、63、77天和成熟期(对照)出苗并生长至大豆成熟期,其前保持田间无草,使苗后田间保持无草生长的相对天数分别占大豆苗后生育期总天数的0、24.7、41.2、57.6、71.1、90.6和100%。

在昌平试验地历年的杂草群落中,单子叶杂草平均占92%,密度变动在387—872株/m²;双子叶杂草占8%,密度变动在34—76株/m²。单子叶杂草中稗草(*Echinochloa crusgalli*)占58%,金狗尾草(*Setaria glauca*)占33%,马唐(*Digitaria sanguinalis*)占6%;双子叶杂草中苘麻(*Abutilon theophrasti*)占60%,苍耳占24%。在马连洼杂草群落中,单子叶杂草占86.6%,平均密度为506株/m²;双子叶杂草占13.4%,平均密度为78株/m²。单子叶杂草中马唐占64%,蟋蟀草(*Elensine indica*)占32%;双子叶杂草中反枝苋(*Amaranthus retroflexus*)占95%。

(二) 生态经济杀除阈期的定义

本文将杂草的生态经济杀除阈期定义为作物苗后生育期期间的某一阶段田间保持无草时既能消除与作物一起出苗的那部分杂草(早生杂草)即将产生的危害,又能避免其后发生的那部分杂草(晚生杂草)将来带来的危害时所处的那一段时期。阈期的始期以确保杂草生长所造成的作物产量损失率 $\leq 3\%$ ¹⁾(此时杂草生长带来的为害与收益基本等值且一般尚未造成作物显著减产)的情况下,苗后田间最多可放任早生杂草生长的天数占作物苗后生育期总天数的百分数表示;阈期的终期以确保杂草生长所造成的作物产量损失率 $\leq 3\%$ 的情况下,苗后田间所需免除杂草生长的最少天数占作物苗后生育期总天数的百分数表示。

(三) 生态经济杀除阈期计算模型的建立与计算

先根据各年各地的试验数据利用计算机Plotit软件包通过模拟选优,分别建立起大豆苗后任草生长和免草生长的相对天数与大豆相对产量的函数关系表达式(模拟选优过

程中以差数平方和最小、相关系数最大为原则)。在此基础上,再根据生态经济杀除阈期的定义导出上述杂草群落杀除阈期的始期与终期计算模型。最后再利用此模型计算出其生态经济杀除阈期的始期、终期与范围。

二、结果与分析

(一) 苗后任草生长的相对天数与大豆产量的关系

由图 1 可见,苗后放任早生杂草生长的相对时间越长、其生长终期越推后,对大豆的危害就越重,反之就越轻。当苗后放任其生长的相对天数小于大豆苗后生育期总天数的 7% 天数时,由于此时田间光、肥、水、空间等植物生活资源供过于求^{[3],1)}、早生杂草的生长不但对大豆无害,反而有轻微的增产作用,其生长下的大豆相对产量为无草对照的 100.1

表 1 大豆田间杂草的群体动态(昌平, 1991)
Table 1 Population dynamics of weeds in soybeans after emergence
(Changping, 1991)

月/日 Month/day	苗后天数 Days after emergence	相对时间* Relative days (%)	杂草大豆干重比 Weed-DM/ Soybean-DM	杂草干重 Weed-DM g/m ²	杂草密度 Weed density Plants/m ²
7/2	0	0.0	0.0a	0.0a	0a
7/16	14	16.5	0.44b	87.4b	464bc
7/23	21	24.7	0.82c	251.7c	948e
7/30	28	32.9	0.95d	347.6d	893de
8/6	35	41.2	1.26e	477.0e	837d
9/3	63	74.1	1.53f	733.3f	480c
9/27	85	100.0	1.52f	711.2f	391b

* 苗后杂草生长的相对天数占大豆苗后生育期总天数的百分比。

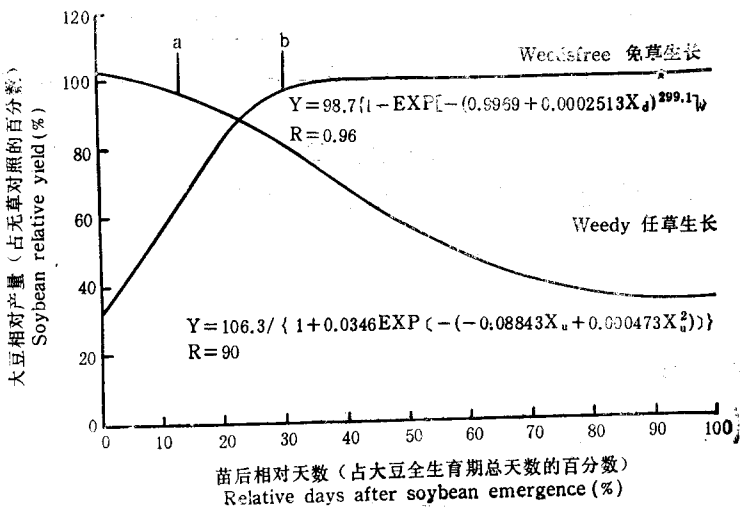


图 1 夏大豆田单、双子叶杂草混生群落的生态经济杀除阈期

Fig.1 Eco-economic period threshold for weed control in soybeans

a. 阈期的始期 Onset of the period threshold b. 阈期的终期
End of the period threshold

—100.3%。然而随着其生长终期的推迟或其生长天数的延长,其开始化益为害,大豆产量呈缓、急、缓趋势下降,当其相对生长天数延长到大豆苗后生育期总天数前85%天时,其危害达到最大值,大豆相对产量降低到无草对照的34.5%左右。之后其继续生长不再使大豆进一步显著减产。统计模拟结果表明,苗后田间放任早生杂草生长的相对天数或苗后其相对生长终期(X_u)与大豆相对产量(Y_u)对显著的二次logistic曲线关系(相关系数 $R = 0.90$),遵循以下公式:

$$Y_u = 106.3 / \{1 + 0.0346 \text{EXP}[-(-0.08843X_u + 0.000473X_u^2)]\} \quad (1)$$

(二) 苗后免草生长的相对天数与大豆产量的关系

由图1可见,杂草出苗越早、生长始期越提前,其危害也就越大。与大豆一起出苗并生长到大豆成熟期的杂草使大豆相对产量从无草对照的100%下降到了32%。然而,随着生长季节的推进,田间的红光数量迅速减少、远红外光数量迅猛增多,致使杂草的出苗数量急剧下降(表1)^[3],杂草群体的竞争能力变弱,大豆的相对竞争力逐步增大,产量渐渐回升。至大豆苗后生育期总天数前35%天,杂草已基本不再出苗,少量已出苗的晚生杂草在大豆的阴蔽作用下则只能缓慢生长,并无竞争之力,不再使大豆进一步减产,大豆相对产量稳定在97%以上。模拟结果表明,苗后田间免草生长的相对天数或苗后杂草的相对生长始期(X_d)与大豆相对产量(Y_d)为典型的Weibull曲线关系(相关系数 $R = 0.96$),遵循以下公式:

$$Y_d = 98.7 \{1 - \text{EXP}[-(0.9969 + 0.0002513X_d)^{2.99-1}]\} \quad (2)$$

(三) 生态经济杀除阈期计算模型的建立与计算

设 T 为大豆苗后生育期总天数,根据生态经济杀除阈期的定义及放任和免除杂草生长的相对天数与大豆相对产量的函数关系表达式,将97%代入(1)中的 Y_u ,整理后得大豆田间杂草的生态经济杀除阈期的始期(X_u)计算模型为:

$$X_u = 12.4T/100 \quad (3)$$

(3)式中的 X_u 表示从大豆出苗到抵达杂草的生态经济杀除阈期的始期所经历的天数占大豆苗后生育期总天数的百分数;同理可得大豆田间杂草的生态经济杀除阈期的终期(X_d)计算模型为:

$$X_d = 31.0T/100 \quad (4)$$

(4)式中的 X_d 表示从大豆出苗到抵达杂草的生态经济杀除阈期的终期所经历的天数占大豆苗后生育期总天数的百分数。

由上述(3)、(4)二计算模型可知,夏大豆田间杂草的相对生态经济杀除阈期始于大豆苗后生育期总天数前12.4%天,终于大豆苗后生育期总天数前31.0%天(图1)。北京地区夏大豆全生育期总天数平均约95天,苗后生育期总天数约87天左右。将之代入(3)、(4)二模型计算可知,该地区夏大豆田间杂草的绝对生态经济杀除阈期约处在大豆苗后11—27天(播后19—35天)之间。

三、讨 论

据研究,土壤硝态氮的淋失作用主要发生在大豆苗后14天以内,且地表裸露越大,淋失量越多。苗后杂草的覆盖生长能减少地表的裸露程度从而可明显减轻土壤硝态氮的淋

表 2 土壤硝态氮淋失量与稗草密度及生长时间的关系*
Table 2 NO₃-N loss caused by leaching in relation to the density and growth duration of *Echinochloa crus-galli*

稗草苗后 生长天数 Growth dura- tion(days)	稗草密度 Density plants/ (m ²)	稗草干重 Weed DM (g/m ²)	大豆干重 Soybean DM (g/m ²)	硝态氮累积淋失量 Accumulated NO ₃ -N leached (kg/ha)	大豆最终产量 Final soyb. yield (%)
14	0	0.0a	38.4a	26.0a	100.0a
	28	10.4b	38.6a	21.6b	100.2a
	63	19.4c	38.2a	18.2c	99.4a
	159	36.6d	37.8a	16.2d	98.7a
	402	71.9e	37.6a	11.0e	97.6a
21	0	0.0a	54.4a	27.5a	100.0a
	28	18.7b	54.2a	22.9b	99.6a
	63	35.5c	50.0b	19.0c	94.5b
	159	68.6d	48.0c	17.1d	89.5c
	402	140.1e	44.6d	11.8e	82.6d

* 硝态氮的淋失量采用德国 Hohenheim 大学植物生产所内的渗漏装置测定, 分别于大豆出苗后 14 和 21 天各测定 1 次, 测前先人工模拟降雨 40mm, 然后搜集各种草密度下的土壤淋失液, 用全自动定氮仪测定其内的硝态氮数量。

失(表2)。由于苗后旱生杂草群体密度呈抛物线状变化, 在大豆苗后生育期总天数前16.5%天, 田间还有几乎一半的杂草尚未出苗, 但至大豆苗后生长季节前 24.7%天, 杂草却已出齐(表1), 而此时正值杂草的生态经济杀除阈期(图1)。因此, 杀除杂草生态经济杀除阈期后发生的晚生杂草劳民伤财; 而远在其阈期前就开始除草, 不但会导致除草次数和成本的增加, 而且无益于利用杂草在其危害阈期以前在固土保肥、稳定生态系统等方面的有益作用¹⁾。因此, 欲生态经济地消除大豆田间杂草的危害, 关键应在其生态经济杀除阈期内保持田间无草。目前, 黄淮海地区的大国营农场多采用不考虑杂草的生态经济杀除阈期的传统盲目除草法, 大豆全生育期需进行 1—2 次化学除草和 1—3 次机械除草, 除草总成本达 115—315 元/ha, 而若采用以杂草的生态经济杀除阈期为指导的生态经济除草法, 则只需在田间杂草的生态经济杀除阈期的始期——大豆苗后生育期内前 12%天左右, 叶面喷施精稳杀得、精盖草能、或禾草克与虎威、苯达松、杂草焚或普杀特等高效苗后选择性除草剂的混剂, 即可有效地消除杂草对大豆的为害。每公顷只需除草成本 100—135 元, 可节省除草成本 15—180 元/ha。

Heemst(1985)经比较世界各国的研究结果发现, 大豆田间杂草群落的“竞争关键期”平均约处于大豆总生育期内前12%—30%天之间^[4], 本研究中的杂草群落的生态经济杀除阈期处在大豆苗后生育期的12.4—31.0%天的天数之前, 二者较为相近。这说明, 虽然杂草的杀除阈期受杂草的群落类型、作物和杂草的相对竞争力及各种地理、环境等因素的影响, 但采用相对天数和相对产量, 可基本上排除这些因素的影响, 具有一定的普遍意义。据此可以推断, 我国春大豆田间杂草群落的生态经济杀除阈期可能与夏大豆的差别不大。对此有待今后的试验去证实和确定。

国外许多人在计算农田杂草的“竞争关键期”时常人为地以其造成的作物产量损失

率达到5%为标准^[4]。笔者经试验发现,当杂草造成的作物产量损失率达到3%时,其在防止水、肥、土流失等方面的益处可与其害处基本抵消,且其一般尚未造成作物显著减产。因而本文采用了确保作物产量不少于无草对照的97%为确定阈期的标准。此外,不少研究结果还表明,早生杂草的干扰危害期不是固定不变的,而是随着其群体水平的高低而有所提前和后移的,当其群体低于一定的水平时,其生长不再对作物有害,其干扰危害期也随之消失^{[8]、1)}。由于本文中的阈期模型是根据自然饱和群体(421—948株/m²)下杂草生长的相对天数与大豆相对产量的函数关系建成的,故据之计算出来的阈期,当是比较安全和保守的范围。

本文田间杂草的生态经济杀除关键期处在大豆苗后生育期前12.4%—31.0%天的结果暗示,大豆田采用化学除草时,拉索、都尔、广灭灵、乙草胺、除草通、氟乐灵、普杀特等土施苗前除草剂及精稳杀得、稳杀得、精盖草能、拿扑净、禾草克、虎威、苯达松、杂草焚、普杀特等叶施苗后除草剂的除草效果至少应从其施用日起维持至大豆苗后生育期总天数的前31.0%天以上时,才有可能控制住杂草的为害。

最后值得一提的是,生态经济杀除阈期是一个笼统的战略性的除草决策指标,它反映不出其阈期随其群体水平的变化情况,当杂草的群体水平低于其生态经济危害水平时,它给出不需除草的决断。因此,它适合于在因杂草危害严重而必须年年除草的地区应用。在杂草危害较轻而不必年年除草的地区,应将之与杂草的生态经济危害或杀除阈值指标结合使用,以提高杂草杀除决策的准确性。

参 考 文 献

- [1] 李孙荣、高柱平、由振国,1990: 农田杂草的生态经济防除原理,北京农业大学出版社。
- [2] 由振国,1991: 夏大豆田稗草为主的自然混合杂草群落的生态经济杀除阈值的研究,中国博士后论文集第四集,北京大学出版社,596—601。
- [3] 李孙荣、苏少泉、由振国、李寿乔,1991: 杂草及其防除,北京农业大学出版社。
- [4] Heemst, H. D. J. van, 1985: The influence of weed competition on crop yield, *Agri, Systems*, 18: 81—93.
- [5] Zimdahl, R. L. 1980: Weed crop competition-A review. IPPC.

ECO-ECONOMIC PERIOD THRESHOLD FOR CONTROLLING WEEDS IN SUMMER SOYBEANS IN BEIJING REGION

You Zhen-guo

(Department of Agronomy, Beijing Agricultural university)

Abstract

A terminology of "Eco-Economic Period Threshold For Weed Control" was proposed. On this base, field experiments were conducted during 1984, 1985 and 1991 in Beijing region to fit the functional relationships between the relative weedy or weedfree days of weeds and the relative yield of summer soybeans. Calculating models of the eco-economic period threshold for the weed control were established.

Results calculated by using these models showed that the eco-economic period threshold for controlling the weeds in summer soybeans ranged from 12.4% to 31.0%, namely from 11 to 27 days after emergence in Beijing region. This is the critical period to remove all of the weed damage, to save weed control cost and to maximally utilize the role of the weed growth in reducing the loss of water, nutrients and soil during the growth season of summer soybeans.

Key words Soybean, Weeds, Eco-economic period threshold, Critical period