

硬草对稻茬小麦产量损失 及生态经济阈值的初步研究

尚嘉彦 刘元荣 李凤敏 王健康

(河南省农科院植物保护研究所, 郑州 450002)

摘 要 硬草 (*Sclerochloa kengiana*) 在一定密度范围内, 密度越高, 干重越大, 对小麦产量损失越大。作者于1990年和1991年进行了硬草与稻茬冬小麦共生的田间试验及电算模拟研究。结果表明, 硬草密度、干重、密重积与小麦产量之间的回归关系均呈幂函数关系^[4], 回归方程依次为:

$$\hat{Y} = 516.8553 \cdot e^{-0.05500 \times 10^{-4}} \cdot x^{1.102}$$

$$\hat{Y} = 504.9930 \cdot e^{-4.0591 \times 10^{-4}} \cdot x^{1.2614}$$

$$\hat{Y} = 513.6580 \cdot e^{-1.2700 \times 10^{-2}} \cdot (x/100)^{0.5614}$$

硬草密度与小麦千粒重、每亩穗数、每穗粒数及产量损失率间的回归关系分别为:

$$\hat{Y} = 37.6045 - 0.0085x \quad \hat{Y} = 473.3377 - 0.6866 + 2.9624 \times 10^{-4} \cdot x^2,$$

$$\hat{Y} = 29.6, \hat{Y} = -2.9053 + 0.1660x - 8.0598 \times 10^{-5} \cdot x^2.$$

关键词 硬草 小麦 产量损失 生态经济阈值

硬草 (*Sclerochloa kengiana*) 是河南省稻麦两熟地区新近出现的一种杂草群落, 发生密度一般在1000~2000株/m², 造成严重产量损失的面积约100万亩, 而且还在迅速传播蔓延。不少研究表明, 从生态观点看, 杂草与作物之间有竞争关系, 又有相互忍受、抵抗和自我补偿修复作用^[2]。少量杂草与作物共生在农田中, 对作物产量无明显影响。西德 T. Bertels等(1983)报道, 他们在6年2400个实验点中, 分别有25.4%冬小麦和73.5%冬大麦田除草亏本, 原因在于田间杂草群体小, 除草成本大于经济危害水平^[2]。河南省不少地区也有类似情况。因此, 明确硬草与小麦的竞争关系, 弄清其经济阈值, 对于经济除草, 改良环境和维护农田生态平衡, 克服盲目性, 都具有重要意义。为此, 作者于1990和1991年进行了硬草与稻茬冬小麦共生的田间试验, 建立了竞争关系的数学模型和当地生态条件下的生态经济阈值动态模型, 提高了杂草防除技术的社会经济和生态效益。

1 材料和方法

试验设在郑州北郊张家村麦田, 小麦品种为豫麦13号, 播种量10kg/亩, 前茬作物水稻。硬草密度1990年设8个梯度, 即0、30、60、120、240、480、960、1200 (株/m²); 1991年设8个梯度, 即0、189、225、405、495、693、1026 (株/m²)。小区面积20m²。3次重复, 随机

区组排列。因当地硬草出苗日期是11月上旬至12月底,所以硬草分两次定苗:第一次11月20~25日,各小区硬草基本苗按上述设计梯度的120%留苗,第二次于翌年元月2~5日,按上述设计梯度定苗(基本苗)。试验过程中使硬草均匀分布在每个小区内,并不断剔除其它杂草。小麦成熟后考种测产并称重各小区硬草的干重。硬草防除成本及效果,根据历年试验结果及生产上调查结果计算得出。通过计算机模拟并配合统计分析,找出硬草密度与小麦产量、产量损失率、有效穗数、每穗粒数和千粒重的关系及杂草干重、密重积(密度与干重的乘积)与小麦产量关系的数学模型,从而导出硬草生态经济阈值的数学模型,求出硬草的生态经济阈值。

模拟过程中,首先用实测值散点图,直观考察实测图型与文献资料中图型的拟合效果,然后以方差最小为原则,通过多种数学模型的比较,从中找出一个拟合效果最好的公式,并确定各基数的具体数值。在硬草密度、干重、密重积与小麦产量回归关系的模拟过程中,应用了“步长加速法”的电算原理。

2 结果与分析

2.1 硬草密度(株/m²)、干重(g/m²)、密重积(株/m²·g/m²)与小麦产量(g/m²)的回归模型

2.1.1 硬草密度与小麦产量的回归关系 硬草密度在0~1200株/m²之间,小麦产量随硬草密度上升呈曲线下降,回归方程 $\hat{Y} = 516.8533 \cdot e^{-0.6590 \times 10^{-4} \cdot x^{1.102}}$, $|r| = 0.9970 > y_{0.01} = 0.8343$,相关极显著。

2.1.2 硬草干重与小麦产量关系模型 硬草干重在0~698.4g/m²范围内,小麦产量随硬草干重的增大呈曲线下降,回归方程 $\hat{Y} = 504.9930 \cdot e^{-4.6501 \times 10^{-4} \cdot x^{1.2614}}$, $|r| = 0.9981 > r_{0.01} = 0.8343$,相关极显著。

2.1.3 硬草密重积与小麦产量关系模型 小麦产量随硬草密重积的增大呈曲线下降,

表1 硬草密度、干重、密重积与小麦产量回归模型的拟合效果

根据硬草密度计算小麦产量			根据硬草干重计算小麦产量			根据硬草密重积计算小麦产量		
硬草密度 (株/m ²) X	实测小麦产 量(g/m ²) Y	理论小麦产 量(g/m ²) \hat{Y}	硬草干重 (g/m ²) X	实测小麦产 量(g/m ²) Y	理论小麦产 量(g/m ²) \hat{Y}	硬草密重 积(株g/m ⁴) X	实测小麦产 量(g/m ²) Y	理论小麦产 量(g/m ²) \hat{Y}
0	506.7	516.9	0	506.7	504.9	0	506.7	513.7
36	500.0	419.6	12.6	500.0	499.2	453.6	500.0	493.6
189	388.3	378.8	162.1	388.3	379.5	30636.9	388.3	374.5
225	359.8	354.3	182.0	359.8	362.8	40950.0	359.8	354.2
405	233.7	251.2	324.9	233.7	254.2	131584.5	233.7	251.0
495	207.0	210.1	397.7	207.0	208.2	196861.5	207.0	209.3
693	133.5	140.2	578.7	133.5	121.8	401039.1	133.5	134.7
1026	90.0	69.2	698.4	90	83.3	716558.4	90.0	80.5

$$\chi^2 = 3.4 < \chi^2_{0.05} = 14.07$$

$$\chi^2 = 3.56 < \chi^2_{0.05} = 14.07$$

$$\chi^2 = 3.27 < \chi^2_{0.05} = 14.07$$

回归方程 $\hat{Y} = 513.6580 \cdot e^{-1.2700 \times 10^{-2} \cdot (x/100)^{0.5614}}$, $|r| = 0.9989 > r_{0.01} = 0.8343$, 相关极显著。

2.2 硬草密度与小麦各产量要素间的关系模型

2.2.1 硬草密度与小麦有效穗数的关系 小麦有效穗数随硬草密度增大而呈抛物线下降, 回归方程 $\hat{Y} = 473.3377 - 0.6866x + 2.9624 \times 10^{-4}x^2$, $|r| = 0.9899$, $S_{y/x} = 25.76$, 回归方程检验结果 $F = 70.37 > F_{0.01} = 13.27$, 极显著。偏回归系数检验结果 $F_1 = 37.04 > F_{0.01} = 16.26$, 极显著, $F_2 = 7.62 > F_{0.05} = 6.60$, 显著。

2.2.2 硬草密度与小麦千粒重关系 小麦千粒重随硬草密度增大呈直线下降, 回归方程 $\hat{Y} = 37.6045 - 0.085x$, $|r| = 0.9958$, $S_{y/x} = 0.2978$ 。回归方程检验结果 $F = 701.91 > F_{0.01} = 13.74$, 极显著。

2.2.3 硬草密度与小麦穗粒数关系 小麦穗粒数不随硬草密度的变化而变化, 回归方程 $\hat{Y} = 29.6$ 。

可见, 小麦各产量要素中, 只有有效穗数和千粒重与硬草密度相关极显著, 每穗粒数与硬草密度相关不显著。

表2 硬草密度与小麦产量各要素间关系模型的拟合效果

根据硬草密度计算小麦有效穗数			根据硬草密度计算小麦千粒重			根据硬草密度计算小麦每穗粒数		
硬草密度 (株/m ²) X	实测小麦 有效穗数 (穗/m ²) Y	理论小麦 有效穗数 (穗/m ²) \hat{Y}	硬草密度 (株/m ²) X	实测小麦 千粒重 (g) Y	理论小麦 千粒重 (g) \hat{Y}	硬草 密度 (株/m ²) X	实测小麦 穗粒数 (粒/穗) Y	理论小麦 穗粒数 (粒/穗) \hat{Y}
0	453.3	473.0	0	33.0	37.6	0	29.4	29.6
36	450.2	449.0	36	37.2	37.3	36	29.9	29.6
189	389.8	354.1	189	36.0	36.0	189	27.7	29.6
225	343.0	333.9	225	35.4	35.7	225	29.2	29.6
405	222.0	212.9	405	34.0	34.1	405	30.9	29.6
495	180.0	206.3	495	33.6	33.4	495	34.2	29.6
693	153.8	139.8	693	31.3	31.7	693	27.0	29.6
1026	80.0	80.7	1026	29.1	28.8	1026	28.7	29.6

$\chi^2 = 11.04 < \chi^2_{0.05} = 14.07$ $\chi^2 = 0.012 < \chi^2_{0.05} = 14.07$ $\chi^2 = 1.16 < \chi^2_{0.05} = 14.07$

2.3 硬草密度与小麦产量损失率关系模型

硬草密度在0~1200株/m²范围内, 小麦产量损失率随硬草密度增大呈抛物线上升, 回归方程 $\hat{Y} = -2.9053 + 0.1660x - 8.0598 \times 10^{-5} \cdot x$, $|r| = 0.9981$, $S_{y/x} = 2.28$, 回归方程检验结果 ($F = 667.2093 > F_{0.01} = 13.27$) 极显著。偏回归系数检验结果 ($F_1 = 426.4885 > F_{0.01} = 16.26$, $F_2 = 107.8910 > F_{0.01} = 16.26$), 极显著。应当指出的是在该回归方程中若令 $\hat{Y} = 0$, 解得 $x = 8.8$ 株/m², $x \leq 8.8$ 时, $\hat{Y} < 0$, 无实际意义。

2.4 硬草生态经济阈值的动态模型

2.4.1 硬草造成小麦生态经济危害的允许水平(EIL) EIL是随小麦产量, 价格及防

表3 硬草密度与小麦产量损失率模型的拟合效果

硬草密度 (株/m ²)	X	0	36	139	225	405	495	693	1026
实测小麦产量损失率(%)	Y	0	1.32	23.36	23.99	53.88	59.14	75.66	82.24
理论小麦产量损失率(%)	\hat{Y}	-2.9	2.97	25.53	30.31	51.04	59.45	73.76	82.50
$\chi^2=$		4.18 < $\chi^2_{0.05}=14.07$							

除费用等因素变化的动态值。根据当地杂草的防除技术及农民的接受能力,一般采用人工中耕除草和化学除草两种办法。小麦生态经济危害允许损失率 $L\% = (\frac{C}{Y \cdot P \cdot E} + \frac{F}{Y \cdot P}) \cdot 100$ 〔1〕。 C ——防除费用(人工除草包括劳务费9元/亩和折旧费0.5元/亩,化学除草包括药费劳务费2元/亩以及药械折旧费0.2元/亩); F ——当地生态阈值水平上硬草产生的价值,据试验硬草在阈值水平上可产生干物质50kg/亩,价值2元,防止水土流失的价值0.4元/亩,地下根系可为土壤提供3kg/亩的腐殖质,价值0.5元,共计 $F=2.9$ 元/亩; Y ——小麦单产(kg/亩); P ——当年小麦价格(元/kg); E ——防除效果。

表4 不同除草方法下的EIL值

(单位: kg/亩)

项 目	人工除草	25%绿麦隆 (0.3)	25%绿麦隆+10%杀草丹 (0.25+0.25)	25%绿麦隆+50%大惠利 (0.25+0.075)
C(元/亩)	9.5	5.2	6.7	8.45
Y	300	300	300	300
P(元/kg)	0.9	0.9	0.9	0.9
E(%)	60	93.4	96.8	99.5
F(元/亩)	2.9	2.9	2.9	2.9
EIL	6.94	3.14	3.64	4.22

注: 25%绿麦隆价格: 10元/kg;

10%杀草丹价格: 8元/kg;

50%大惠利价格: 50元/kg

2.4.2 硬草生态经济防除阈值(ET)的动态模型 由试验结果知:硬草的发生密度与小麦产量损失率的关系为 $\hat{Y} = -2.9053 + 0.1660x - 8.0597 \times 10^{-5}x^2$ 。根据生态经济阈值定义有: $(\frac{C}{Y \cdot P \cdot E} + \frac{F}{Y \cdot P}) \cdot 100 = -2.9053 + 0.1660x - 8.0597 \times 10^{-5}x^2$ 〔1〕。解此一元二次方

程得: $x = 514.8645 - \sqrt{265085.4371 - 3101.3319 \left[(\frac{C}{Y \cdot P \cdot E} + \frac{F}{Y \cdot P}) \cdot 100 + 2.9053 \right]}$, 此为硬草的生态经济阈值动态模型,或经济防除指标的动态模型。

表5 硬草的防除指标

除 草 方 式	防除指标 (株/m ²)
人工除草	30.56
25%绿麦隆0.3kg/亩	18.54
25%绿麦隆+10%杀草丹 (0.25+0.25) kg/亩	20.11
25%绿麦隆+50%大惠利 (0.25+0.075) kg/亩	21.94

3 结论与讨论

稻茬小麦田硬草密度(在 $0 \sim 1200$ 株/ m^2 范围内),干重(在 $0 \sim 698\text{g}/\text{m}^2$ 之间)与小麦产量及三个产量要素之间都存在极显著的回归关系,但只有在与本试验地区生态经济条件相似的地区才能应用这些回归方程。

生态经济阈值计算结果表明,就单一的硬草群落而言,从生态经济的角度出发,采用人工中耕除草,单用绿麦隆,绿麦隆与杀草丹混用,绿麦隆与大惠利混用,小麦至少可以忍耐硬草的株数分别为:31株/ m^2 ,19株/ m^2 ,20株/ m^2 ,22株/ m^2 。根据小麦产量损失率模型,虽然在此密度下,小麦分别减产6.94%,3.14%,3.64%,4.22%,但此时成本恰与硬草造成的净损失相等。因此该密度可作为稻茬麦田硬草的最低防除指标。

硬草密度在一定范围内,单位面积的硬草干重与密度是密切相关的(本试验中相关系数 $r=0.9896$),同时又均可独立地预测硬草对小麦产量造成的损失大小,但各自都有一定的局限性。从回归分析看,硬草密度与小麦产量间具有极显著的回归关系,但密度并不能直观反映硬草与小麦争夺水肥能力的大小。尤其硬草密度很大时(超出该试验密度),硬草个体之间竞争水肥的特性愈加突出,表现为个体分蘖力下降,单株干重变小,于是这种竞争关系变成了硬草-硬草-小麦三者之间的相互消长关系,而非为单纯硬草-小麦二者之间的竞争。此时用已有的回归关系预测硬草密度对小麦产量的损失大小,将失去可靠性。同样,硬草干重大小,只能直观反映出硬草从土壤中汲取养分多少,也不能直观反映出硬草从小麦中夺取养分多少,所以硬草干重也只是间接反映出硬草与小麦竞争水肥的关系。如果把硬草的干重、密度两个间接因子综合考虑(用密重积表示),来预测硬草对小麦产量的影响,似乎更接近实际。从硬草密度-小麦产量,硬草干重-小麦产量,硬草密重积-小麦产量三个回归模型的拟合效果看出,它们的 χ^2 依次为:8.50,3.56,3.27。可见以“硬草密重积-小麦产量”关系模型的拟合效果最好。

杂草与作物产量损失之间的关系十分复杂,它涉及到杂草和作物的种类,杂草群落的组成结构,杂草的出苗期,危害期,长势以及作物的密度和耕作方式等,仅仅用一个公式来反映杂草与产量损失的关系是困难的。只有从实际出发,通过试验首先找出防除阈值及除草的临界期,然后根据诸多因素加以相应调整^[3],才能得到比较可靠的关系式。但就单一的硬草群落而言,有关杂草的上述生物学特性在生态条件相似时可视为定值,不予讨论。因此本文着重从硬草同小麦竞争养分、水分和阳光三方面考虑。由于在小麦的整个生育期内,硬草植株均低于小麦植株,不掩盖小麦,二者竞争阳光的因素似可忽略,因此本文没有考虑硬草不同高度和覆盖度因素对小麦产量的影响,只考虑了二者竞争水肥的关系。应当指出,稻茬小麦田的其它草被(单一或混合)对小麦产量影响的各种回归关系,皆应通过专门试验确定。

参 考 文 献

- 1 孙广勤等.早春播娘蒿对小麦的危害损失和经济阈值研究.植物保护, 1990, 16 (3): 23~30
- 3 李孙荣等.夏大豆田种草的生态经济阈值模型的研究.杂草学报, 1997, 1 (1): 11~15
- 2 唐洪元等.看麦娘等杂草对麦子产量损失的研究.杂草学报, 1990, 4 (1): 8~11

A Preliminary Study on the Yield Loss of Wheat Caused by Sclerochloa kengiana and the Eco-economic Threshold of Weed Control

Shang Jiayan Liu Yuanrong Li Fengmin Wang Jiankang

(Plant Protection Institute, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou)

Abstract Experiments were carried out during 1990 and 1991. The correlation between density, dry weight of *Sclerochloa kengiana* and yield economic properties of wheat were studied, and some regression models were made. Four control methods were used: artificial control, 25% chlorotoluron 0.3kg/mu, 25% chlorotoluron 10% thiobencarb (0.25+0.25) kg/mu, and 25% chlorotoluron + 50% deyrinol (0.25+0.075) kg/mu. The Eco-economic thresholds of controlling *sclerochloa kengiana* corresponding to the four methods of weed control are 30.56 plants/m², 18.56 plants/m², 20 plants/m², 21.93 plants/m², respectively.

Key words: *Sclerochloa kengiana*; Wheat; Yield loss; Eco-economic threshold