

棉田抗雹灾多熟种植模式及其综合效益分析

徐文修, 杨媛媛, 张巨松

(新疆农业大学农学院, 乌鲁木齐 830052)

摘要:2002—2003年在阿克苏地区阿瓦提县构建出一种“冬小麦||菠菜/棉花—大豆(或西瓜)”多熟种植模式。结果表明,该种植模式综合效益明显高于小麦复种和单作棉花受灾后补救的效益。平均年光能利用率达0.54%,比大田单作棉花光能利用率提高了184.2%;且可利用日照时数、可利用太阳辐射量、可利用生理辐射量均比大田单作棉田提高71.6%以上;生长期利用率比大田单作棉田提高了71.3%。在棉田受到较严重的冰雹灾害情况下,年平均总产值18998.7元·hm²,不仅高于未受雹灾的单作棉田12.5%,比受灾单作棉田高145.9%,平均纯收入为7632.3元·hm²,虽然比未受灾单作棉田的纯收入低20.2%,但远远高于受雹灾的单作棉田以及受灾严重又复播玉米田的纯收入,平均增收8144元·hm²。

关键词:棉花;多熟种植;种植模式;综合效益;雹灾

中图分类号:S562.04 **文献标识码:**A

文章编号:1002-7807(2005)03-0160-05

Study on the Cotton Field Multiple Cropping Model and Its Comprehensive Effect Resistant to Hail Calamity

XU Wen-xiu, YANG Yuan-yuan, ZHANG Ju-song

(Xinjiang Agricultural University, Wulumuqi 830052, China)

Abstract: Hail is one of the main natural calamities in Xinjiang. Although the artificial method is used for removing and abating disaster loss caused by hail at present, this means can not be valid completely. Hail results in tremendous economy decrease of crop land each year, specially in Southern Xinjiang's cotton fields. The period of hail happening high frequency is through May to August in Southern Xinjiang. At this period, cotton has been gotten into the middle growth stage, cotton buds and bolls have emerged. Once cotton field suffers disaster by hail, the yield of cotton decreased or cotton field is completely ruined. Hence, this study started with multiple cropping models in cotton field; aims at the present situation of low stress resistance ability of single cropping model. The new multiple cropping model is the 'winter wheat || spinach /cotton—soybean(or water melon)'. The results showed that it could use the light and heat quantity in high effect, increase the comprehensive benefit. The year-round light utilization ratio of the model attained 0.54%, which lifts 184.2% more than that of single cropping of cotton. Moreover, the utilization ratios of climate resources, such as solar radiation, sunshine figure and so on, all lift over 71.6% compared with the single cropping of cotton. The utilization ratio of growing period is up to 137% and lifts 71.3% compared with ordinary cotton. Being suffered serious hail calamity, the pattern still got total output value 18998.7 yuan per hectre. It was not only raised by 12.5% compared with regular single cropping cotton, but also 145.9% higher than single cropping suffered disaster caused by hail. Although the mean net income of this pattern is 20.2% lower than cotton fields which were not suffered hail calamity, it is more than cotton field of single cropping and sewing again the corn cropland which are suffered hail far away. At the same time, the net income of the model was increased by 29.8% over the model "wheat—corn".

收稿日期: 2004-08-17

作者简介:徐文修(1962-),女,教授,在读博士

基金项目:“十五”国家科技攻关计划重大项目《棉田用养地制度和有机棉标准化生产技术研究》部分研究工作

Key words: cotton; multiple cropping; cropping pattern; comprehensive benefit; hail calamity

冰雹是新疆的主要灾害性天气之一,其来势凶猛,强度很大,虽然持续时间很短,但可以使作物瞬间毁灭^[1]。新疆 80% 的冰雹集中在 5 月—8 月,6 月最高,在冰雹多发区,年发生冰雹 20 余次,在多雹灾区,年均降雹 6~10 次^[2]。据统计,1977—1992 年,新疆农作物遭受冰雹灾害面积约 100 万 hm^2 ,平均每年雹灾面积近 6.7 万 hm^2 ,约占全疆播种面积的 1%,其中 1992 年雹灾最为严重,雹灾面积 16.5 万 hm^2 ,占当年全疆农作物受灾总面积的 23.4%,造成的经济损失为 2.1 亿元^[3]。由于新疆地域辽阔,观测站稀少,冰雹的研究和防御远不能满足需要^[4],尽管国内外广泛采用人工消雹,即把携带碘化银的弹头射向雹云,以减弱冰雹的破坏力,但并不能完全奏效,有效率为 66.6%^[5],致使各种作物仍然遭受冰雹的危害而减产绝收。

新疆棉花遭受雹灾的问题较为突出。6 月—7 月是冰雹高发期,此时又正值棉花现蕾和开花期。由于新疆棉花面积比重较大,农业作物结构单一,农业生产抵制自然灾害的能力较弱,此时一旦受雹灾,轻则产量下降,重则绝产绝收,给农业生产造成巨大的经济损失。这一问题在南疆地区几乎年年出现,但年际间每次发生的具体地点变化莫测,故棉农的抗灾经验难以积累,致使生产上确定补救措施时,存在较大的盲目性,因此探索有效的救灾农艺措施,以减轻农业生产损失,提高雹灾条件下的经济效益就显得更为重要和迫切。为此,本研究从种植模式入手,以改革新疆棉田种植制度为主旨,改变单一的作物结构为突破口,构建一种既高效利用新疆光热资源,又具有抗雹灾功能,提高棉田综合效益和作物多样性的棉田多熟

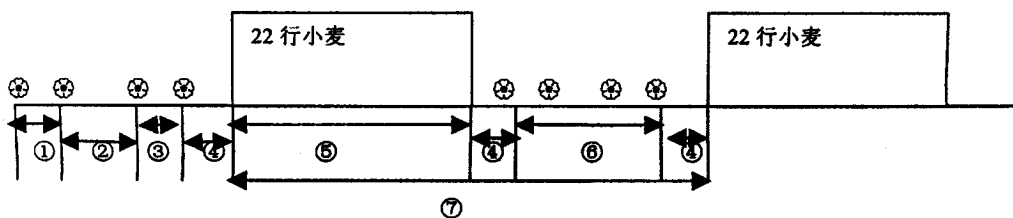
种植模式。

2003 年 6 月 28 日和 29 日,两场历史上罕见的特大冰雹袭击南疆阿克苏地区阿瓦提县,冰雹持续时间长达 20 min,最大直径 2 cm,地面积雹 5~10 cm,冰雹刚停,大风夹着暴雨又铺天盖地而来,棉花受灾面积 7500 hm^2 ,占全县棉花种植面积的 1/4。其中被打成光秆的绝产棉田 3390 hm^2 (断头率 90% 以上),重灾面积 2494 hm^2 (断头率 50%~80%),轻灾面积 600 hm^2 (断头率 20%~50%)。叶、蕾、铃脱落严重,给当地农业生产带来很大的损失。

为此,在阿瓦提县阿依巴克乡 5 大队构建了小麦||菠菜/棉花—大豆(或西瓜)复合种植模式,并研究此模式在受雹灾后,与其它受雹灾或未受雹灾的不同种植模式综合效益的差异,试图寻找出防御雹灾的最佳种植模式,为新疆棉区抗雹灾应变措施提供科学依据和参考。

1 材料与方 法

本试验所构建的种植模式是冬小麦||菠菜/棉花—大豆(或西瓜)(||表示间作,/表示套作,一表示复种)复合模式。冬小麦与棉花的行比为 22:4(图 1)。冬小麦幅宽 2.20 m,种 22 行,行距 10 cm。预留空带 2.0 m,与冬小麦同期播种菠菜,次年 4 月上中旬菠菜收获后于 5 月 9 日翻耕,铺宽膜播 4 行棉花,采用一膜四行(30+50+30) $\text{cm}+45$ cm 方式,株距为 12.5 cm,种植密度为 17.75 万株· hm^2 。麦棉间距为 45 cm。麦收后及时耕翻整地,分别复播 6 行大豆或 1 行西瓜。



- ①、③ 棉花窄行行距 30 cm; ② 棉花宽行行距 50 cm; ④ 麦棉间距 45 cm;
⑤ 22 行小麦幅宽(两个播幅)2.2 m; ⑥ 4 行棉花幅宽 1.1 m; ⑦ 22:4 复合配置方式的带宽 2.2 m+2.0 m=4.2 m

图 1 冬小麦||菠菜/棉花—大豆(西瓜)棉田复合模式的田间配置

Fig. 1 Disposing in the cotton field of wheat//spinach/cotton—soybean(or water melon)

1.1 试验材料

冬小麦选用早熟、优质和丰产性好的邯鄹 5316;棉花选用中棉所 35;西瓜选用红优二号;大豆选用黑农 41 号;菠菜是当地优质菜种。

1.2 试验地点

试验于 2002—2003 年在南疆阿克苏地区阿

瓦提县阿依巴克乡试验地进行。试验田总面积 1.7 hm^2 ,属中高肥力壤土,肥力均匀,地势平坦。试验田土壤有机质为 1.4%,速效氮含量为 55.0 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效磷含量为 6.9 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效钾含量为 72.8 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。前茬为玉米。

2 结果与分析

2.1 经济效益

由表1可见,多熟种植模式在棉花受到较严重的冰雹灾害情况下,麦||菠/棉花—大豆年总产值为17511元·hm²,麦||菠/棉花—西瓜年总产值为20486.4元·hm²,平均为18998.7元·hm²,高于未受灾的单作棉田12.5%,更高于受灾单作棉田145.9%。从纯收入来看,多熟种植模式的平均纯收入为7632.3元·hm²,虽然比未受灾棉田的纯收入低20.2%,但远远高于受灾棉田以及受灾严重又采取补救措施的复播玉米田的纯收入,平均增收8144元·hm²。同时,棉田多熟种植模式平均比当地未遭冰雹的“小麦—玉米”模式增收29.8%。这是因为该棉

田多熟种植模式在一年内在同一块地里种植多种作物,虽然棉花受到冰雹危害,但经过及时补救和管理,再加上同年收获的其它作物,大大降低了由于自然灾害带来的经济损失,在受灾年仍然能保证棉农的经济收入。

而在单作棉田,若遭受同等程度的冰雹灾害,一般所采取的措施是将受灾棉株拔除,复播玉米、西瓜等其它作物。虽然复播的玉米、西瓜等作物能有一定的收入,但这个收成远远不能弥补当年种植棉花所投入的费用。经本试验的具体调查,棉花受灾后拔除、复播玉米,其它费用(水费、承包费)忽略不计,年收入还倒欠413.0元·hm²。结果指出,在冰雹重灾区棉田采用多熟种植模式具有很强的“减灾”能力。

表1 棉田多熟种植模式与当地主要种植模式的经济效益比较

种植模式	年总产值	物质投入	机耕费	其它费用	人工	总投入	纯收入
未受灾单作棉田	16888.0	1928.3	1200.0	3000.0	1200.0	7328.3	9559.7
单作受灾较轻棉田	7726.0	2186.3	1350.0	3000.0	1800.0	8336.3	-610.4
严重受灾的单作棉田 拔除后复播玉米	4860.0	3878.0	870.0	—	525.0	5273.0	-413.0
小麦—玉米	12960.0	3435.0	870.0	2250.0	525.0	7080.0	5880.0
小麦—西瓜	21900.0	2079.0	870.0	2250.0	375.0	5574.0	16326.0
麦 菠/棉花—大豆	17511.0	3992.0	2855.0	3000.0	1650.0	11497.0	6014.1
麦 菠/棉花—西瓜	20486.4	3731.0	2855.0	3000.0	1650.0	11236.0	9250.4

注:表中的其它费用包括水费、承包费和农业税;总投入=物质投入+机耕费+人工费+其它费用;纯收入=总产值—总投入。

2.2 生态效益

从表2中可以看出,五种种植模式对各气象因素的利用状况,整体趋势均是麦||菠/棉—大豆(或西瓜)>小麦—玉米(或西瓜)>单作棉花。冬小麦||菠菜/棉花—大豆(西瓜)的平均年光能利用率达0.54%,比单作棉花的0.19%提高了184.2%,比小麦—玉米和小麦—西瓜的平均年光

能利用率提高35%;并且可利用日照时数、可利用太阳辐射量、可利用生理辐射量均比大田单作棉田提高71.6%以上;生长期利用率达到137%,比大田单作棉田的生长期利用率80.0%提高了71.3%。这是因为多熟复合群体延长了生长季节资源的利用时间,发挥复合群体的时间效应,导致其生态效益明显高于大田单作模式。

表2 棉田多熟种植模式与当地主要种植模式的生态效益的比较

Table 2 Comparison of ecological benefit with local main cropping patterns and cotton multiple cropping

种植模式	生长时间/d	年光能利用率/%	可利用日照时间/h	占全年日照时间/%	可利用太阳辐射/(MJ·m ²)	占全年太阳辐射/%	可利用生理辐射量/(MJ·m ²)	占总生理辐射量/%	生长期利用率/%
单作棉花	168	0.19	1394.3	54.3	3546.6	61.9	1770.3	61.7	80.0
单作受灾较轻棉花	168	0.09	1394.3	54.3	3546.6	61.9	1770.3	61.7	80.0
小麦—玉米	325	0.41	2477.8	96.4	5229.4	91.2	2754.4	96.0	117.0
小麦—西瓜	300	0.39	2477.8	88.5	4766.4	83.2	2522.9	88.0	99.0
麦 菠/棉—大豆	380	0.57	2685.8	104.5	6086.5	106.2	3045.8	106.1	137.0
麦 菠/棉—西瓜	380	0.50	2685.8	104.5	6086.5	106.2	3045.8	106.1	137.0

在单作棉田一般均有棉蚜危害,但不同年份棉蚜危害程度不同。据2003年的试验调查,单作

棉田棉蚜危害较为严重,经过3次防治才得以控制。而在多熟种植模式中棉蚜数量则很少,不用

采取防治措施。这主要是因为多熟种植模式中冬小麦的瓢虫、隐翅甲、草蛉、食蚜虫等天敌量大,冬小麦收割后,天敌转移到多熟复合群体的棉田中,使棉蚜对棉花未构成威胁,从而使多熟种植模式的棉田相对减少了化学药品的使用,说明所构建的多熟种植模式具有一定保护天敌、进而保护生态系统的作用。

2.3 社会效益

对遭受自然灾害(如风沙、冰雹、旱涝灾等)比较频繁的棉田进行多熟种植,可以实现在同一农

田里种植多种作物,即使一种作物受灾,还有其它作物可以补救和减轻灾害造成的各种损失。所以,多熟种植模式具有既可以很好地减少自然灾害的风险,同时还具有抗市场风险和政策风险的损失,从而保护棉农的经济收入,进而促进棉花生产的稳定与发展。不过从劳动生产率来看(表3),小麦复种玉米(或西瓜)种植模式的劳动生产率最高,平均比棉田多熟种植模式高 326.4%,比单作棉花平均值高 352.4%。

表3 复合种植模式与当地种植模式的综合效益的比较

Table 3 Comparison of comprehensive benefit with local main cropping patterns and cotton multiple cropping

种植模式	X ₁ 年产值 /(元· hm ²)	X ₂ 生产成本 /(元· hm ²)	X ₃ 纯收入 /(元· hm ²)	X ₄ 投工量 /(元· hm ²)	X ₅ 年光能 利用率 /%	X ₆ 产投比	X ₇ 生长日数 /d	X ₈ 可利用 日照时 间/h
单作棉花	16888.0	7328.3	9559.7	1200.0	0.19	2.3	168	1394.3
单作受灾较轻棉花	7726.0	8336.3	-610.4	1800.0	0.09	0.9	168	1394.3
小麦—玉米	12960.0	7080.0	5880.0	525.0	0.41	1.8	325	2477.8
小麦—西瓜	21900.0	5574.0	16326.0	375.0	0.39	3.9	300	2274.8
麦 菠菜/棉—大豆	17511.0	11497.0	6014.1	1950.0	0.57	1.5	380	2685.8
麦 菠菜/棉—西瓜	20486.4	11236.0	9250.4	1950.0	0.50	1.8	380	2685.8

种植模式	X ₉ 占全年日 照时间/%	X ₁₀ 可利用太 阳辐射/ (MJ·m ²)	X ₁₁ 占全年太 阳辐射/%	X ₁₂ 可利用 生理辐 射量/ (MJ· m ²)	X ₁₃ 占总生 理辐射 量/%	X ₁₄ 生长期 利用率 /%	X ₁₅ 劳动生 产率/ (元·m ² 人)
单作棉花	54.3	3546.6	61.9	1770.3	61.7	80.0	281.5
单作受灾较轻棉花	54.3	3546.6	61.9	1770.3	61.7	80.0	85.8
小麦—玉米	96.4	5229.4	91.2	2754.4	96.0	117.0	493.7
小麦—西瓜	88.5	4766.4	83.2	2522.9	88.0	99.0	1168.0
麦 菠菜/棉—大豆	104.5	6086.5	106.2	3045.8	106.1	137.0	179.6
麦 菠菜/棉—西瓜	104.5	6086.5	106.2	3045.8	106.1	137.0	210.1

2.4 综合效益的灰色关联度分析

为了寻求在雹灾情况下的综合效益最佳模式,进一步运用灰色关联分析方法,对棉田多熟种植模式以及各种其它种植模式中经济、生态、社会效益进行灰色关联度分析(表3)。

根据关联度的理论,将大田未受雹灾的单作棉田作为参考种植模式,其单项指标所组成的数

列称为参考数列,记为 k, (k 为单项指标的序号);棉田多熟种植模式及其它种植模式中各单项指标所组成的数列称为比较数列,记为 k, (i 为试验种植模式的种类)。为了消除参考数列、比较数列物理量及数量级差别,对表 3 数据进行标准化处理后,比较 k 与 k 关联程度,得关联系数 k,并进一步求得关联度 i。计算公式为:

$$\xi_i(k) = \frac{\min_i \min_k |X_0(k) - X_i(k)| + \sigma \max_i \max_k |X_0(k) - X_i(k)|}{|X_0(k) - X_i(k)| + \sigma \max_i \max_k |X_0(k) - X_i(k)|} \quad (1)$$

$\xi_i(k)$ 为 X_i 与 X_0 在第 k 个指标的关联系数, $|X_0(k) - X_i(k)|$ 表示 X_i 数列与 X_0 数列在第 k 点的绝对差值, $\min_i \min_k |X_0(k) - X_i(k)|$ 为两级

最小差, $\max_i \max_k |X_0(k) - X_i(k)|$ 为两级最大差,它们分别为 $|X_0(k) - X_i(k)|$ 集合中的最小值和最大值。 σ 为分辨系数, $\sigma \in [0, 1]$, 本文取 $\sigma = 0.5$ 。

由于关联系数的信息较分散,不便于比较,因此有必要将各个时刻的关联系数集中为一个值——关联度(r_i):

$$r_i = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \xi_i(k) \quad (2)$$

比较数列 X_i 对参考数列 X_0 的关联度,由关联度大小,可判断出各种种植模式的重要程度或贡献大小,即关联度越大,则表明该种植模式综合效益越大,越趋于合理。经过计算得出各种种植模式的关联度(表4)。

由表4可以看出,各种种植模式综合效益的

表4 不同种植模式经济、生态、社会效益的关联度

Table 4 Relational grade of economic benefit, social benefit and ecological benefit in different cropping patterns

种植模式	经济效益	生态效益	社会效益	总效益	排序
	$X_{1,2,3,6}$	$X_{5,7-14}$	$X_{4,15}$		
单作受灾较轻棉花	0.7683	0.9747	0.7507	0.8155	4
小麦—玉米	0.8967	0.6985	0.7873	0.8198	3
小麦—西瓜	0.7932	0.7603	0.6003	0.7368	5
麦 菠菜/棉—大豆	0.9390	0.6607	0.8315	0.8455	1
麦 菠菜/棉—西瓜	0.9153	0.6663	0.8683	0.8413	2

3 讨论

3.1 土壤肥力及市场需求是选择多熟种植模式的基础

棉田多熟种植模式是减轻冰雹灾害的有效措施之一,可以尝试在多雹灾棉区推广应用,但在生产中要根据土壤肥力及市场需求灵活选择多熟种植模式。为了培肥地力,发展农区畜牧业,可以采用冬小麦||菠菜/棉花—大豆复合种植模式,既可以丰富食用油的种类,提高地力,又能为当地的畜牧业发展提供高蛋白饲料。棉田种植模式中冬小麦间作的菠菜也可改种草木樨等绿肥以养地。由于西瓜市场风险较大,所以冬小麦||菠菜/棉花—西瓜种植模式的采用一定要与当地市场紧密联系。

3.2 光温资源是多熟种植的条件,而粮食安全则是多熟模式选择的依据

本试验的棉田多熟种植模式适宜在无霜期200 d以上,全年 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温4000 $^\circ\text{C}$ 以上, $\geq 15^\circ\text{C}$ 持续日数155 d以上,光照充足的棉区,即南疆中早熟棉地区推广应用。

但南疆地处我国最西北,交通运输距离远,在具体实施多熟种植时,不仅要考虑农民增收,还要考虑粮食安全问题。因此,依据粮食区域平衡的原则,在喀什、和田等缺粮棉区,可将模式中冬小麦的幅宽加大,适当缩小棉花的幅宽,以确保粮食

关联度顺序是:冬小麦||菠菜/棉花—大豆 $>$ 冬小麦||菠菜/棉花—西瓜 $>$ 小麦—玉米 $>$ 受灾单作棉田 $>$ 小麦—西瓜。这说明农田在受到冰雹危害的情况下,冬小麦||菠菜/棉花—大豆和冬小麦||菠菜/棉花—西瓜复合种植模式的综合效益高于当地单作受灾棉花,甚至高于当地广泛采用的“冬小麦—玉米”和“冬小麦—西瓜”种植模式,这个结果与前面经济、生态和社会效益单项分析的结果基本一致。进一步说明棉田多熟种植模式具有一定的抗雹灾稳产增收的功能。

的产量。而在阿克苏、巴州等不缺粮的棉区,可加大棉花的幅宽,缩小冬小麦的幅宽,以确保棉田有较高的经济收入。

3.3 配套农机具及科学的管理技术体系是多熟种植高产高效的保证

从本试验来看,推广该多熟种植模式,需要相配套的农机具,对现有的精播机、收割机进行行距调整或稍加改装,进一步设计相配套的套种播种机、中耕机、免耕播种机、收获机等机具,逐渐实现多熟种植机械化,以提高生产效率和可操作性。同时规范多熟种植模式的栽培管理技术,建立配套的灌水、施肥、中耕等栽培管理技术体系,以充分发挥多熟种植增产增效的潜力。

参考文献:

- [1] 陈洪武, 马禹, 王旭, 等. 新疆冰雹天气的气候特征分析[J]. 气象, 2003, 29(11): 25.
- [2] 张厚瑄, 孙南. 新疆棉花生产的气象灾害及防御对策措施[J]. 中国农业气象, 2000, 21(4): 12.
- [3] 刘德才. 对新疆冰雹灾害及其若干问题的再认识[J]. 干旱区研究, 1994, 11(4): 63.
- [4] 杨莲梅. 新疆的冰雹气候特征及其防御[J]. 灾害学, 2002, 17(4): 26.
- [5] 中国农业科学院. 中国农业气象学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999. 377.