

不同干旱强度对糜子产量的影响 及其在估产中的应用

徐学选 陈国良 穆兴民

(中国科学院西北水土保持研究所·陕西杨陵·712100)
(水利部)

提 要

该文利用盆栽试验结果,通过分析糜子在不同生育阶段受不同强度干旱的产量反应,得出:糜子各生育期的受旱缺水指数 r_i ,减产指数 R_i ,及产量反应系数 K_{yi} 。认为糜子在灌浆期对干旱敏感性最强,此阶段受旱,日减产率最大,水分生产力最低,灌水效果最佳。拔节+扬花期产量和干旱之间的反应最弱。糜子生育期耗水以分蘖期最多,占总量的28.6%,正常供水盆栽全生育期耗水185mm,不同干旱强度下为167mm。水分生产力平均约0.5kg/mm。并用 r_i 、 R_i 、 K_{yi} 对生产中的估产模式、及产量进行了检验,结果良好。同时还对生物产量反应进行了分析。

关键词: 干旱 产量反应系数 糜子

Effect of Different Degree Drought on Proso Yield and Its Application in Yield Estimation

Xu Xuexuan Chen Guoliang Mu Xingmin

(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation, Academia Sinica and
Ministry of Water resources, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract

Based on pot experiment, Proso yield response to different droughts in five growing periods was analysed, the water deficits index (r_i) and the drop productivity index (R_i) and the productivity response index (K_{yi}) were obtained.

The results show that: grain-filling stage was the most sensitive stage response to drought. When drought occurred in the stage, the daily drop product was the highest and the water use efficiency was the lowest. It is also in this stage that irrigation is the most effective. In shooting and anthesis stage, the reaction between yield and drought is very little. The evapotranspiration (ET) in tilling stage is the highest, about 28.6% of total ET. The normal evapotranspiration in pot experiment was up to 185mm and in droughts was 167mm, and mean WUE was 0.5Kg/mm in the experiment of drought treatment. r_i , R_i , K_{yi} were used to foretell the proso yield. The estimated result was very close to the real yield, also the biomass response to drought was analysed in the paper.

Key words Drought Productivity response index Proso

糜子是半干旱地区的主要秋粮作物之一,在黄土风沙丘陵区播种面积为农作物面积30%,在黄土丘陵区也接近10%,在粮食生产中占有重要地位。但该地区旱灾频繁,造成产量低而不稳。据中国500年旱涝历史气候资料统计,宁南山区发生旱灾的年份共190年,占38%,约3年一遇。在干旱条件下,研究如何充分发挥水分的生产潜力,减少干旱对产量的影响,在作物栽培上有着重要意义。山仑、张锡梅、陈培元等都从糜子的生理生态角度对其进行了研究。尤其张锡梅还采取盆栽方法得出糜子不同发育阶段遇旱情况下减产幅度,但未对不同干旱强度的减产影响区别分析,其结果还难以应用到大田估产。本文目的在于从作物产量出发,研究水分控制的不同时期、不同强度对作物产量的影响,从实验生态学的角度得出水分供应不足的减产指数(产量效应系数 K_y),从而为适时灌溉、早年产量估计、旱作产量潜力模式的建立提供依据。为此我们于1993年在宁南黄土丘陵区的固原进行了盆栽试验。

一、试验方法与试验设计

(一)试验方法

盆栽法:为了达到设计控水的要求,采用盆栽便于控水,能达到大田难以做到的区分干旱强度等级的精确度。

塑料桶为白色、桶深20cm,上口半径11.5cm,底半径9cm,体积 $6\ 601\text{cm}^3$,表面积 415.5cm^2 ,合 6.25×10^{-5} 亩。

取黄绵土表层0~25cm土壤,过筛、加肥、搅匀后装入压实而成。装土量10.9kg/桶。容重约 $1.2\text{g}/\text{cm}^3$ 。每桶用肥二铵1.344g,尿素2.144g(折纯N为14.6kg/亩, P_2O_5 为7.4kg/亩)。

(二)试验设计

作物:糜子,品种为大黄糜。每桶10株,约合16万株/亩。

水分控制:按占田间持水比例分5级:90%为充足供水;75%为正常供水;轻旱为60%~65%;中旱为50%~55%;重旱为35%~40%。按占干土重比例,分别为20.7%、17.3%、13.8%~15%、11.5%~12.7%、8.1%~9.2%。

处理时期:分5个生长发育阶段,即分蘖、拔节、抽穗—扬花、灌浆、成熟。

每个时段分3个处理,每个处理3个重复。5个时段试验的盆数共为 $3\times 3\times 5=45$ 。另设充足供水、正常供水各3盆,共计51盆。

处理中,每盆除某时段按设定的干旱等级控制水分外(即轻旱、中旱、重旱),其余发育期均保持正常供水,由此可得出不同发育时期遭受不同干旱强度情况下的减产指数。

二、试验结果与分析

(一)试验结果

见表1。

表1 糜子生育期记录

生育期	播种	出苗	分蘖	拔节	抽穗+扬花	灌浆	成熟	总数
时段	26/5~3/6	~14/6	~11/7	~29/7	~15/8	~26/8	~10/9	
天数	7	11	27	18	17	11	15	106

(二)结果分析

1. 糜子产量对干旱的反应(糜子产量反应指数):产量的减少可用减产指数 R 表示, $R=1-Y_e/Y_m$, 干旱强度用缺水指数 r 表示, $r=1-ET_e/ET_m$ 。两者相结合, 产量对干旱的反应用产量反应指数 K , 定量, $K_e=R/r$ 。表示产量对旱情的敏感系数, 当干旱强度 r 一定, K_e 越大, 反应减产越多, 此时补给灌水越重要。 Y_e —实际产量; Y_m —正常供水产量; ET_e —实际耗水; ET_m —正常供水时可能耗水。由试验结果可以算出糜子在不同干旱强度下的减产指数, 及产量反应指数。(表3、图1)

表2 不同时期、不同干旱强度下糜子产量试验结果

生育期	处理天数(天)	籽粒产量(g)			生物产量(g)			控水期耗水(mm)			全育期耗水(mm)			充足供水(mm)
		轻旱	中旱	重旱	轻旱	中旱	重旱	轻旱	中旱	重旱	轻旱	中旱	重旱	
分蘖	27	7.84	7.61	6.51	18.76	18.41	17.50	37.0	27.5	24.4	172.9	156.7	149.3	73.9
拔节	18	7.66	7.32	7.03	19.56	19.05	17.96	27.3	22.0	17.5	173.4	165.4	160.2	45.8
抽扬	17	7.64	7.37	7.09	20.06	19.45	18.96	23.9	19.7	16.5	159.9	152.1	146.3	49.6
灌浆	11	7.50	6.58	5.90	20.40	19.31	17.06	18.6	15.1	12.7	177.2	172.7	167.4	30.4
成熟	15	8.13	7.75	7.60	19.50	18.94	18.57	13.5	12.8	12.0	175.5	173.9	172.0	21.7
充供	106		10.78			28.20						258.2		
常供	106		8.47			21.23						184.5		

表3 糜子干旱指数、减产指数、产量反应系数表

生育期	旱情	ET_e/ET_m	r	Y_e/Y_m	R	Y'_e/Y'_m	R'	K_e	k'_e	$k_e \sim k'_e$
分蘖 15/6~11/7	①	0.75	0.25	0.93	0.07	0.88	0.12			
	②	0.56	0.44	0.90	0.10	0.87	0.13			
	③	0.50	0.50	0.77	0.23	0.82	0.18			
	④	0.60	0.40	0.87	0.13	0.86	0.14	0.33	0.35	-0.02
拔节 12~29/7	①	0.96	0.04	0.90	0.10	0.92	0.08			
	②	0.78	0.22	0.86	0.14	0.90	0.10			
	③	0.62	0.38	0.83	0.17	0.85	0.15			
	④	0.79	0.21	0.86	0.14	0.89	0.11	0.67	0.52	0.15
抽~扬 30/7~15/8	①	0.54	0.46	0.90	0.10	0.94	0.06			
	②	0.44	0.56	0.87	0.13	0.92	0.08			
	③	0.37	0.63	0.84	0.16	0.89	0.11	0.25	0.16	0.09
	④	0.49	0.51	0.87	0.13	0.92	0.08			
灌浆 16~26/8	①	0.93	0.07	0.89	0.11	0.96	0.04			
	②	0.76	0.24	0.78	0.22	0.91	0.09			
	③	0.64	0.36	0.70	0.30	0.80	0.20			
	④	0.78	0.22	0.79	0.21	0.89	0.11	0.95	0.50	0.45
成熟 27/8~10/9	①	0.83	0.17	0.96	0.04	0.92	0.08			
	②	0.79	0.21	0.91	0.09	0.89	0.11			
	③	0.74	0.26	0.90	0.10	0.87	0.13			
	④	0.79	0.21	0.92	0.08	0.89	0.11	0.38	0.52	-0.14

注:①轻旱、②中旱、③重旱、④平均,带(')为生物学部分。

从 K_y 值看,糜子籽粒产量反应以灌浆期最大,拔节期次之,成熟、分蘖再次,抽穗~扬花阶段最小。表明灌浆期对干旱最为敏感,抽穗~扬花抗旱性最强。若灌浆期缺水指数 $r = 0.32$,可造成 30% 减产,而抽穗~扬花阶段 $r = 0.3$ 时,只减产约 8%。故在能补给灌水情况下,首先考虑 K_y 值大的生育期。

从生物产量反应指数 K'_y 看,灌浆、成熟、拔节期遇旱对生物产量的形成影响作用相等。抽穗~扬花期对干旱反应微弱,对产量影响不大。在成熟期 $K'_y > K_y$,证明该期遇旱、其生物产量降低幅度大于籽粒减产幅度。

本试验基本表现为 $K_y > K'_y$,说明干旱在影响生物产量的同时,更进一步影响了籽粒产量,在灌浆期 $K_y - K'_y = 0.45$,如果此时干旱指数 $r = 0.3$,其籽粒产量减产幅度比生物产量高 13.5%。

2. 不同时期、不同干旱强度下糜子的耗水:由表 2 表明:糜子在不同时期遭受不同强度干旱影响下,全生育期耗水在 146.3~177.2mm 之间,相差 17.4%,平均耗水量为 161.8mm。其中在抽穗—扬花阶段受旱,全生育期耗水明显减少,比正常供水少 13.0%~20.7%,其余时期受旱对耗水影响较小,并以前期影响大于后期为规律,说明前期受旱,不仅使控水期耗水减少,而且使恢复正常供水后的耗水也减少。如分蘖期重旱时控水期减少耗水约 25mm,而全生育期少耗水却为 35mm。

表 4 正常供水、充足供水下耗水量与不同时期耗水强度

生育期	出苗	分蘖	拔节	抽—扬花	灌浆	成熟	总量	水分生产力(kg/mm)
天数(天)	18	27	18	17	11	15	106	
正常供水(mm)	26.2	49.2	28.3	44.6	20.0	16.2	184.5	0.51
占(%)	14.2	26.7	15.3	24.2	10.8	8.8	100	
日耗水(mm)	1.46	1.82	1.57	2.62	1.82	1.08	1.74	
次序	4	2	3	1	2	5		
充足供水(mm)	36.8	73.9	45.8	49.6	30.4	21.7	258.2	0.47
占(%)	14.3	28.6	17.7	19.2	11.7	8.4	100	
日耗水(mm)	2.04	2.73	2.54	2.92	2.76	1.45	2.44	
次序	4	2	3	1	2	5		

表 5 糜子在不同干旱影响下的水分生产力

生育期	轻旱(kg/mm)	中旱(kg/mm)	重旱(kg/mm)	平均(kg/mm)
分蘖	0.51	0.54	0.49	0.51
拔节	0.50	0.50	0.49	0.49
抽—扬	0.54	0.54	0.54	0.54
灌浆	0.47	0.43	0.40	0.43
成熟	0.52	0.50	0.50	0.51
平均	0.51	0.50	0.49	0.50

日耗水以抽穗+扬花期最强,其次为灌浆、分蘖期,日耗水在 1.82~2.62mm 之间。参阅表 2,灌浆期耗水量只占总耗水 10.8%,但若遇旱,减产可达 10%~30%,此时补水尤为关键。在充足供

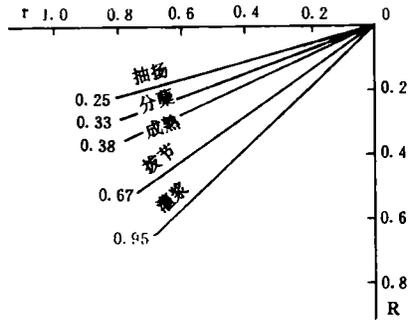


图 1 糜子生育期产量反应系数

3. 正常供水、充足供水下糜子阶段耗水:由表 4 表明:在正常供水的盆栽试验下,糜子总耗水 184.5mm,日均 1.74mm。其中以分蘖—拔节—抽穗+扬花耗水量最大,共占总耗水的 66.2%的,耗水量达 122.1mm。其

水下,总耗水接近大田平均耗水,日耗水 2.44mm,日耗水大小次序与正常供水一致。

4. 不同干旱强度下糜子水分生产力:由表 5 表明:糜子水分生产力,在试验的水肥气候条件下平均 0.5kg/mm,最大为 0.54kg/mm,最小为 0.40kg/mm。其中有如下规律:

①生育期遇旱,水肥生产力一般随干旱强度加强而减小;②不同时期发生干旱,以灌浆期受旱影响最大,平均每 1mm 水分生产力为 0.43kg,以抽穗+扬花期影响为小,平均 0.54kg,比正常供水还高。参阅 Ky 值,产量反应系数以灌浆期最大,抽穗+扬花期最小,其结果可互相验证。

三、分析与结论

(一)糜子各生育期对干旱的敏感性及其减产指数

由表 3、图 1,表明各生育期对干旱敏感性的 Ky 值大小依次为:灌浆期、拔节期、成熟与分蘖期,最后为抽穗+扬花期,其减产指数灌浆期平均为 0.21,严重干旱减产达 30%。最小减产指数在成熟期,平均仅 0.08,表明灌浆期最敏感,成熟期不敏感。轻旱对成熟、分蘖期影响很小,仅 4%~7%。发生在分蘖、拔节、抽穗+扬花期干旱平均约 14%左右减产率。生物产量 Y'a 的情形与 Ya 相同,不过生物产量对干旱没有籽粒产量敏感,遇旱生物产量减产率低于籽粒产量减产率。

(二)日均减产率分析

由于各生育期所经历的天数不同,试验中干旱处理的天数也不同。故仅从平均减产率分析,难免会有出入,所以为了在相同水平进行比较,列表 6 如下。

表 6 不同时期不同干旱强度对糜子产量的日减产率 %

生育期	处理天数 (天)	处理(籽粒产量)				处理(生物产量)			
		轻旱	中旱	重旱	平均	轻旱	中旱	重旱	X
分蘖	27	0.26	0.37	0.85	0.48	0.44	0.48	0.67	0.52
拔节	18	0.56	0.78	0.94	0.76	0.44	0.55	0.83	0.61
抽-扬	17	0.59	0.76	0.94	0.76	0.35	0.47	0.65	0.49
灌浆	11	1.00	2.00	2.73	1.91	0.36	0.82	1.82	1.00
成熟	15	0.27	0.60	0.67	0.53	0.53	0.73	0.87	0.71

由表 6,籽粒产量和生物产量日减产率最大期均发生在灌浆期,平均日减产率为 1.91%、1.00%。其次,籽粒产量为拔节期、抽穗+扬花期,日均减产均为 0.76%,分蘖期最小为 0.48%。生物产量以成熟、拔

节期次之,以抽穗+扬花期最小,为 0.49%。

综上所述,糜子在灌浆期最怕遇旱,单期籽粒产量可减少 10%~30%。在抽穗+扬花期最抗旱。这与张锡梅的盆栽试验结论一致。保证灌浆期供水,是生产上的重要措施。

(三)糜子充足供水下的耗水量,各时段耗水比重与耗水强度

表 7 糜子各生育期在正常年份下的耗水量、耗水强度

生育期	出苗	分蘖	拔节	抽+扬	灌浆	成熟	总量
耗水量(mm)	40.2	80.1	49.6	53.8	32.8	23.5	280
用水比重(%)	14.4	28.6	17.7	19.2	11.7	8.4	100
耗水强度(mm/d)	2.2	3.0	2.8	3.2	3.0	1.6	2.6

该地区大田糜子生育期耗水在正常年份平均为 280mm,,而本试验的充足供水情况下耗水达 252mm,正常供水仅为 185mm。耗水

强度较大田为低。造成这一差别的原因有:(1)盆栽条件下小气候条件不同;(2)作物长势因没有群体效应而不强;(3)装土后土壤导水性能改变等。陈国良、张锡梅等人的盆栽试验作物耗水也同样低于大田。由于充足供水下耗水接近大田情况,故以充足供水下的各时段耗水比重为准,划分大田正常年份所需水分的时段水量,耗水强度见表 7。

我们可以得出糜子在正常年份所需水量及时段分配,从表 7 看,拔节期需水量最多,抽穗+

扬花期耗水量大,为3.2mm。成熟期日耗水最小,为1.6mm。

(四) 糜子水分生产力

作物水分生产力(kg/mm)与品种、土壤肥力、生育期水分密切相关。本试验品种为宁南山区大量种植的农家品种,施肥量属上等水平,肥料潜力达320kg/亩,肥力不会是限制产量因子。故可研究糜子受旱对产量的影响。

由表4、表5表明:(1)充足供水条件下,水分生产力为0.47(耗水252mm),正常供水0.51(耗水185mm),各干旱处理平均为0.50,耗水167mm。轻旱为0.47~0.54,耗水172mm;中旱为0.43~0.54,耗水为164mm;重旱为0.40~0.54,耗水159mm。(2)在不同生育期干旱处理中,灌浆期受旱水分生产力最低,仅0.43,比平均值低14%。其它各生育期差别不大。

四、试验结果在生产中的应用

(一) 在旱作生产潜力模式中的应用

据计算固原地区秋糜子的气候生产潜力,见表8。

表8 糜子生产潜力

E%	3	5	10	典型高产
Y_w 气候潜力(kg/亩)	163	270.8	542	300
Y_T 光温潜力(kg/亩)	187	311.7	642	

其 Y_w 是由 $Y_w = Y_T \cdot P_i / E_i$ (1)式订正而得, P_i —某时段实际供水; E_i 为某时段潜在需水,其订正系数为0.86。但用此法订正存在如下缺陷性假设:(1)各时段缺水对产量的影响是等同的;(2)水分不足对作物经济产量

和生物量影响是等同的。由本试验可知,该两项假设是不符合实际的,故科学求算旱作产量潜力,模式可修改为:

$$Y_w = Y_i \cdot (1 - R_i)^n \quad (2)$$

R_i 为生育期某时段受旱减产率,由 $R_i = K_{y_i} \cdot r_i$ 求得, i 表示第 i 时段; n 为受旱时段数,本试验应用正常供水与充足供水比率表示 $(1 - R_i)$ 。

订正系数为0.79,订正后糜子气候产量潜力值如表9。

在估产中如果知道各生育期土壤水分值,划分干旱强度,然后在此干旱下直接查表3,找出 R_i 值,然后代入(2)式,就可求出实际 Y_w 的约值,如果知道供水量,就先求算 r_i ,查图1的 K_{y_i} ,由 $R_i = r_i \cdot K_{y_i}$ 得出减产指数,代入(2)式,可估产。其中 Y_i 用订正后值。

(二) 在现实估产中的应用

(二) 在现实估产中的应用

1982年、1983年刘忠民等曾在该地搞糜子试验,亩产分别为68.4kg、202kg。相应气候条件为1982年6~8月糜子生育高峰期降水仅88mm,占

多年6~8月平均34%,3~5月降水也只有64.3mm,土壤贮水很少,糜子生长绝大部分靠降水维持,属全生育期重旱。1983年发生在7月糜子灌浆期前后降水仅38.7mm,占多年该月平均40%。由于前期降水较多,灌浆期只发生中等强度干旱。

其 Y_w 是由 $Y_w = Y_T \cdot P_i / E_i$ (1)式订正而得, P_i —某时段实际供水; E_i 为某时段潜在需水,其订正系数为0.86。但用此法订正存在如下缺陷性假设:(1)各时段缺水对产量的影响是等同的;(2)水分不足对作物经济产量

和生物量影响是等同的。由本试验可知,该两项假设是不符合实际的,故科学求算旱作产量潜力,模式可修改为:

$$Y_w = Y_i \cdot (1 - R_i)^n \quad (2)$$

R_i 为生育期某时段受旱减产率,由 $R_i = K_{y_i} \cdot r_i$ 求得, i 表示第 i 时段; n 为受旱时段数,本试验应用正常供水与充足供水比率表示 $(1 - R_i)$ 。

订正系数为0.79,订正后糜子气候产量潜力值如表9。

在估产中如果知道各生育期土壤水分值,划分干旱强度,然后在此干旱下直接查表3,找出 R_i 值,然后代入(2)式,就可求出实际 Y_w 的约值,如果知道供水量,就先求算 r_i ,查图1的 K_{y_i} ,由 $R_i = r_i \cdot K_{y_i}$ 得出减产指数,代入(2)式,可估产。其中 Y_i 用订正后值。

(二) 在现实估产中的应用

(二) 在现实估产中的应用

1982年、1983年刘忠民等曾在该地搞糜子试验,亩产分别为68.4kg、202kg。相应气候条件为1982年6~8月糜子生育高峰期降水仅88mm,占

多年6~8月平均34%,3~5月降水也只有64.3mm,土壤贮水很少,糜子生长绝大部分靠降水维持,属全生育期重旱。1983年发生在7月糜子灌浆期前后降水仅38.7mm,占多年该月平均40%。由于前期降水较多,灌浆期只发生中等强度干旱。

其 Y_w 是由 $Y_w = Y_T \cdot P_i / E_i$ (1)式订正而得, P_i —某时段实际供水; E_i 为某时段潜在需水,其订正系数为0.86。但用此法订正存在如下缺陷性假设:(1)各时段缺水对产量的影响是等同的;(2)水分不足对作物经济产量

和生物量影响是等同的。由本试验可知,该两项假设是不符合实际的,故科学求算旱作产量潜力,模式可修改为:

$$Y_w = Y_i \cdot (1 - R_i)^n \quad (2)$$

R_i 为生育期某时段受旱减产率,由 $R_i = K_{y_i} \cdot r_i$ 求得, i 表示第 i 时段; n 为受旱时段数,本试验应用正常供水与充足供水比率表示 $(1 - R_i)$ 。

订正系数为0.79,订正后糜子气候产量潜力值如表9。

在估产中如果知道各生育期土壤水分值,划分干旱强度,然后在此干旱下直接查表3,找出 R_i 值,然后代入(2)式,就可求出实际 Y_w 的约值,如果知道供水量,就先求算 r_i ,查图1的 K_{y_i} ,由 $R_i = r_i \cdot K_{y_i}$ 得出减产指数,代入(2)式,可估产。其中 Y_i 用订正后值。

(二) 在现实估产中的应用

(二) 在现实估产中的应用

1982年、1983年刘忠民等曾在该地搞糜子试验,亩产分别为68.4kg、202kg。相应气候条件为1982年6~8月糜子生育高峰期降水仅88mm,占

多年6~8月平均34%,3~5月降水也只有64.3mm,土壤贮水很少,糜子生长绝大部分靠降水维持,属全生育期重旱。1983年发生在7月糜子灌浆期前后降水仅38.7mm,占多年该月平均40%。由于前期降水较多,灌浆期只发生中等强度干旱。

表9 固原糜子气候潜力订正值

类别	日 (%)		
	3	5	10
订正前	163	271	542
订正后	148	247	495

表10 固原1982年各时段糜子耗水与减产率

类别	分蘖	拔节	抽一扬	灌浆	成熟	总减产率(%)
作物耗水(mm)	26.7	36.5	15.1	20.7	16.1	
正常需水(mm)	80.1	49.6	53.8	32.8	23.5	
缺水指数r(%)	0.67	0.26	0.72	0.37	0.31	
K_y	0.33	0.67	0.25	0.95	0.38	
减产指数R(%)	0.22	0.18	0.18	0.35	0.12	69.9

1. 1982年糜子产量的验证。见表10,1982年糜子水分状况。

应用减产指数的估测值

$$Y = 247 \times (1 - R_i)^n \quad i = 1, 2, 3, 4, 5 \quad n = 5$$

代入得: $Y = 74.3(\text{kg}/\text{亩})$

与实际亩产68.4kg相差5.9kg,误差8.6%。

2. 1983年仅发生在灌浆期中等强度干旱,其减产指数查表3知 $R = 0.22$,那么该年的产量估测为: $Y = 247 \times (1 - 0.22) = 192.7(\text{kg}/\text{亩})$ 。

与实际亩产202kg差9.3kg,误差仅4.6%。

1982年的估测误差虽然仅8.6%,但如果再能考虑到苗期也受到干旱的影响,那么这一估产模式的误差还要小。

3. 综上所述,运用减产指数估产在运用中误差很小,有很高利用价值。只要知道各生育期土壤水分,就可根据土壤旱情进行预测。如果知道的是各生育阶段作物耗水,就可根据计算 r_i ,查图 K_y 中的 R_i 进行预测。对大田追肥,作物布局,补充灌水有重要指导意义。

参 考 文 献

- [1] 陈国良等. 不同干旱强度对春麦产量的影响及其在生产力估测中的应用.《能量水分平衡与农业生产潜力网络试验研究》,北京:气象出版社,1992年
- [2] 山仑等. 宁南山区主要粮食作物生产力和水分利用的研究.《中国农业科学》,1988年
- [3] 杨文治. 余存祖主编. 黄土高原区域治理与评价. 北京:科学出版社,1992年
- [4] 刘忠民等. 春小麦、糜、谷在固原县半干旱区的生态适应性分析.《干旱地区农业研究》,1987年,第3期
- [5] 王改兰等. 砖窑沟流域旱地土壤水分动态及贮水效率分析.《水土保持通报》,1990年,第6期
- [6] 赵艺学等. 糜子生育期土壤水分变化规律的研究.《水土保持通报》,1990年,第6期
- [7] 陈国良. 关键在水,出路在肥—论旱地作物潜力与增产途径.《农业现代化探讨》. 中国科学院农研委,总180期