

宁夏引黄灌区春小麦的生态条件 分析及其改善途径*

刘 笃 慧

(宁夏固原地区气象局)

摘 要

本文系统分析了影响宁夏引黄灌区春小麦生产的生态条件,从作物品种、黄河肥水、土壤肥力与盐渍化、气候等方面分析了小麦与生态环境的关系,提出小麦与生态环境的平衡失调是限制灌区小麦生产潜力的关键问题,对最佳施用化肥量、合理灌溉定额及改善小麦生态环境、实现高产稳产等进行了探讨。

宁夏引黄灌区是我国15个商品粮基地之一,素有“塞上江南”之称,是半荒漠干旱气候环境中的一块绿洲。春小麦是灌区主要作物,播种面积120—130万亩左右,约占耕地的1/3。解放以来小麦单产有了很大提高,但至今仍徘徊在400—500斤/亩的水平,银川南部产量较高,北部属低产区,有相当一部分耕地因盐渍化较重,亩产仅200斤左右。此外小麦产量年际波动很大,灌区平均亩产变异系数达30.2%(1950—1980年)。灌区小麦生产潜力很大,目前已有不少接近或达到亩产千斤的高产地块。

但是,要成为稳定的商品粮基地,还必须实现大面积均衡高产、稳产。为此就必须认清小麦与生态环境的关系,从全局上搞好小麦的生态平衡,而不能只靠单纯的耕作技术。灌区下游的银北地区比较集中地反映了小麦生产中的生态失调问题,因此以银北小麦主要产区——平罗县为重点例证进行分析。

一、农业生产活动对小麦产量影响因素的估价

生产活动对小麦生态系统来说是最积极的环境因素,一切有益的农业生产活动都是在改善生态环境的基础上,以最少投入,追求最大产出,这才是最佳经济效益。我们以小麦产量作为估价有关生产活动的参数。

灌区历年春小麦平均亩产如表1所示。

* 本文承蒙任华国、郑剑非先生指导,吴养民、陈伟华、宋安国同志参加部分工作,一并致谢。

表 1 宁夏引黄灌区历年春小麦平均单产 (斤/亩)

年代	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1950	97	234	171	250	257	288	319	277	289	336
1960	239	202	208	280	238	343	327	343	316	355
1970	226	362	269	396	463	457	444	365	464	412
1980	490									

引起宁夏引黄灌区小麦产量增减的主要原因可分为三大方面：农业技术措施、天气及气候变化、其它随机因素。一般用产量的时间趋势项来分析农业技术措施的影响，我们用正交多项式拟合灌区历年平均亩产变化曲线，计算结果只有时间 t (年) 的一次项回归显著，置信度达到 0.01 的显著水平，时间趋势产量 $\hat{y}_t$ 与时间 t (年) 的关系式为：

$$\hat{y}_t = 180.1 + 8.34t \quad (1)$$

灌区历年小麦单产变化及时间趋势产量如图 1 所示。

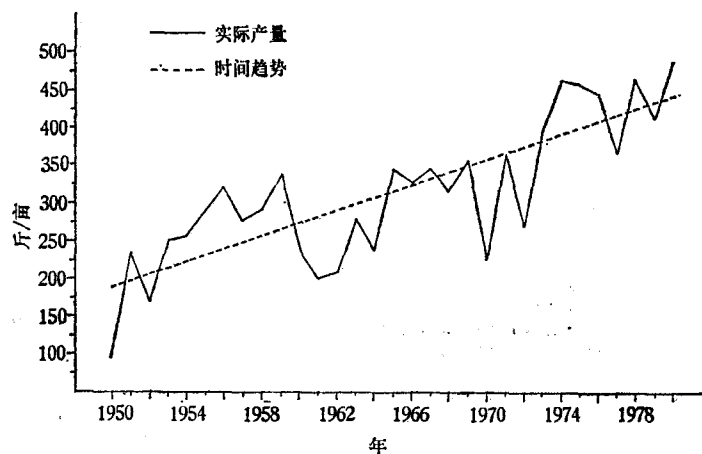


图 1 宁夏引黄灌区春小麦历年平均亩产及时间趋势变化

由回归分析原理，回归平方和 U 与总平方和 L_{yy} 之比，可代表自变量对因变量的影响大小，即：

$$U = \sum_{t=1}^N (\hat{y}_t - \bar{y})^2$$

$$L_{yy} = \sum_{t=1}^N (y_t - \bar{y})^2$$

上式中 y_t 为实际产量， $\bar{y}$ 为均值， $\hat{y}_t$ 为回归估值， t 为年代序号， N 为样本年数。根据 (1) 式计算，时间趋势项对总体的回归贡献是：

$$U/L_{yy} = 0.64$$

而 $\hat{y}_t$ 代表农业生产技术措施的影响水平，因此可以认为农业生产活动对产量变化的影响平均占 64%。据 McQuigg (1975) 对主要来自美国的作物—天气资料分析 (W. 贝尔, 1980) 得出“农业技术措施”部分大约构成总变量的 70—80%，天气及随机“噪音”分别约占 12—18%、

5—10%。和该资料相比,宁夏引黄灌区农业技术措施对小麦产量的总体影响比例要小一些,天气因素的影响比例要大一些,这显然是由于宁夏引黄灌区处于我国东南季风影响的边陲,气候变化剧烈,灾害天气较多。但总体上看,农业生产技术水平的不断提高仍是灌区小麦产量逐步增长的根本原因。不过,增长速度仍然比较慢,由(1)式 t 的回归系数说明,平均每年递增只有8.3斤/亩。

灌区水利建设、排灌系统的改善,农业动力及化肥投入的增加、良种选育推广、一系列先进栽培技术的应用,都是使小麦产量增加的重要原因。例如,30多年来国家对灌区水利投资平均每亩达176元;灌区年平均每亩毛引水量高达2,187米³,每生产1斤粮食引黄河水5.7米³(折合8.6毫米);农业机械化程度在全国都属于高水平;小麦品种已有过三次更新,良种面积占90%以上,选育和推广了一系列适应灌区气候生态条件的当家品种,如斗地1号、阿玉、连丰等,这些品种的抗逆性强,对灌区小麦生育后期的干热风、青干、黄矮病等抗力强,亩产可达500—800斤,适于中、低等肥力水平,而且具有早、中、晚不同的成熟期,互相搭配,品种系列结构较好。

二、黄河“肥水”资源

银川平原自秦汉以来已有二千多年的引黄灌溉史,故历代相传着“天下黄河富宁夏”的佳话。灌区年平均降水量只有200毫米左右,而潜在蒸散量达850毫米左右,小麦全生育期耗水量约400毫米,水分亏缺全靠引黄灌溉,没有黄河之水就没有灌区的农业。黄河之利不仅仅在于提供丰富的水资源,而且还在于泥沙中含有丰富的作物所必需的营养物质,可谓之“肥水”资源。

灌区黄河年过境流量约317亿米³,水质良好,矿化度0.4克/升,有肥沃的泥沙(含氮0.13%、硝态氮0.0035%、速效磷0.0015%、速效钾0.006%) (编写组,1976)。据灌区上游青铜峡水文站实测,黄河水各月含泥沙量如表2。

表2 青铜峡测站黄河水各月泥沙含量 (编写组,1963)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
泥沙含量 (公斤/米 ³)	0.305	0.465	0.917	1.210	2.570	6.560	11.530	19.700	7.740	2.600	0.900	0.400

据宁夏水文总站资料,滞留在灌区的黄河泥沙量每年平均达2090万吨,每亩平均淤积7.3吨/亩,泥沙容重按1.5吨/米³计算,平均淤泥厚度达0.74厘米。引黄淤泥中有机质含量达0.85—1.25%,几乎和灌区农田的有机质含量接近。若以含氮量0.13%计算,淤泥中含氮量为19斤/亩。宁夏农学院前不久曾做过连续3年的小麦“空白”试验,即不施任何肥料,仅引黄灌溉,结果每亩仍有500—600斤的中等产量,这就证明黄河“肥水”资源的补益不小,在农田肥力平衡中应予以重视,以防止过量施化肥的流失浪费。

三、土壤盐渍化的问题

引黄灌区的农田土壤主要是淤灌草甸土，为黄河冲积与贺兰山洪积交错淤积而成。沉积物厚度达6米至百余米，土质以中壤和重壤为主，微碱性，有机质含量0.5—1.6%，土壤结构较好，持水性高，透水性较差，有较高的土壤基本肥力，含氮0.03—0.15%，磷0.14—0.24%，钾1.2—2.4%。

但是，由于长期过量灌溉，排水不良，地下水埋深仅1—1.5米，矿化度1—5克/升，局部达10克/升，因此土壤盐渍化比较普遍、严重。据统计，全灌区约有1/2耕地有程度不同的盐渍化危害，以灌区上游的银南地区较轻（盐渍化面积约占耕地40%），灌区下游的银北地区盐渍化严重，至平罗县及石咀山盐渍化面积占耕地的50—80%。以平罗县为例，每年由于地下水蒸发而析出的盐分高达78万多吨，约有1/3的土地因盐渍化过重而弃耕荒芜。

土壤盐渍化对小麦产量影响是很严重的，据资料统计（杨赞成等，1982），平罗县15个公社与县农牧场盐渍化面积的大小和小麦平均亩产之间，存在着极显著的负相关，相关系数为-0.73。以该县典型地区为例说明（表3）。

表 3 土壤盐渍化对小麦产量的影响

地 点	盐 渍 化 面 积 占 耕 地 比 例 (%)	小 麦 平 均 产 量 (斤/亩)
平罗城关公社	34.5	568
宝 丰 公 社	44.1	488
渠 口 公 社	60.1	248
县 农 牧 场	87.5	200

由上可见，盐渍化对土壤生产潜力的限制很大。根据以上计算，平均盐渍化面积每扩大10%，则小麦单产要减70斤/亩左右。

“盐随水来，盐随水去”，引起盐渍化的直接原因是地下水位太高，因而减轻盐碱的危害必须从降低地下水位入手。排水量的多少反映了地下水位的变化，地下水位越高，则排水量越多。以平罗为例，负担该县主要排水任务的是第五排水沟，其年排水量与小麦单产之间存在显著的负相关关系，根据1966—1980年资料统计，二者之间关系式为：

$$\hat{y} = 547.5 - 117.82x \quad (2)$$

(2)式中 $\hat{y}$ 为平罗小麦平均亩产估值(斤/亩)， x 为第五排水沟年排水量(亿米³)， x 与 y 的简单相关系数为-0.69，达到0.01置信度水平。由此可见，排水量越多的年份(地下水位越高)小麦产量越低。因此，要取得大面积均衡高产稳产，把盐渍化的低产区改造成高产区，应该抓住降低地下水埋深这一关键。由(2)式，平均每减少排水1亿米³，则会使小麦亩产增加118斤，这不仅能使小麦获得大面积增产，而且还能根治盐碱地，为其它作物如玉米、高粱、胡麻及水稻等，都创造较好的土壤生态环境。

四、气候生态条件

灌区属于我国中温带干旱气候区,日照充足,热量丰富,昼夜温差大,干旱少雨,适宜灌溉农业的发展,对于小麦生长也有多种有利气候条件。小麦从2月下旬至3月上、中旬开始播种,7月上、中旬收获,银南地区气温回升快,温度高,物候期比银北地区要早。一般在3月底至4月上旬出苗,5月上、中旬拔节,6月上旬抽穗扬花,6月下旬灌浆,7月上、中旬成熟,出苗至成熟期为100天左右,属于我国晚熟春麦区。

灌区太阳光能资源丰富,小麦生育期内太阳总辐射量为63千卡/厘米²,约占全年总辐射量的43%,日照时数约1,120小时,日照百分率在65%左右。目前灌区小麦最高产量为1,050斤/亩(永宁),其生理辐射光能利用率达到3.68%,一般生产水平光能利用率只有1—2%。据国内外研究表明,生理辐射光能利用率最高可达到12%(相当于总辐射光能利用率6%),达到5%是经过努力可以实现的,按5%光能利用率计算,灌区小麦光合生产潜力可达1,428斤/亩(以永宁为例,4月5日出苗,7月15日成熟,期内生理辐射为26千卡/厘米²,经济产量系数取0.35)。由此可见小麦的光合生产潜力很大。

但是,生态环境是一个整体,光合生产能力还受其它各种生态条件的影响,在气候条件中限制小麦光合生产潜力的主要危害如下:(1)大气干燥,降水少(年平均降水量在190—230毫米之间),蒸发强烈(年干燥度在3.78—4.68),这是造成灌区土壤盐渍化的主要气候因素。小麦生育期间正值春季干旱风大、初夏高温少雨阶段,蒸发作用更强,土壤返盐最甚。尤其是初春,返盐作用会在盐碱地上形成“盐壳”,茫茫如雪,这时如遇降雨,则降水和土壤解冻后形成的“春潮”水聚集在地表,不能下渗,因此土壤板结聚盐,影响播种和出苗,甚至造成烂种无苗,这就是旧社会农谚所说“二月雨,卖儿女”的灾情。此外,春季低温、盐害还会造成小麦“坐苗”,即三叶至拔节期的滞育现象,可使小麦减产30%左右。(2)小麦生长后期的主要气象灾害是青干和热干风,可使小麦减产5—10%,重者达20%以上。青干主要发生在灌浆至成熟阶段,雨后猛晴、高温(日降雨量或一次过程降雨量≥7毫米,雨后最高气温≥27℃),在灌区平均2—3年一遇。热干风主要发生在抽穗扬花至灌浆成熟期,是一种高温、干燥天气,强风能使灾情加重(标准:6月25日至7月10日,当日最高气温≥32℃,14时相对湿度≤30%),在灌区平均不到2年一遇。热干风及青干能使小麦早衰逼熟,千粒重下降,是灌区小麦产量不稳的重要灾害因素。

五、小麦生产中的生态平衡问题

在灌区小麦生产中主要存在以下3种生态失调问题。

1. 引水与排水

如前所述,地下水位过高是造成土壤盐渍化的直接原因,但灌区地下水来源主要是引黄灌溉的渗漏水,约占地下水补给量的85%。由此可见,过量引水,大水漫灌、串灌,灌面过大,渠系渗漏过多等等,不但造成对黄河水资源的浪费,而且是造成灌区土壤盐渍化的根本原因。灌区年平均每亩毛引水量达2,187米³,而其利用率目前只有29%(刘柏章,1981),这在

国内外都是少见的水资源浪费。

以平罗县为例,小麦田全年毛灌水量多达950米³/亩,有的高1,400多米³/亩,大大超过需水量。而小麦的最佳灌溉定额是多少呢?以该县1978年春小麦斗地1号为样本,用Penman综合公式计算其潜在蒸散量(Frere,1979),求出需水量如表4所示:

表4 平罗县春小麦生育期及潜在蒸散量 E_p (1978年,斗地1号,平罗城关)

生 育 期	出苗—分蘖	分蘖—拔节	拔节—抽穗	抽穗—成熟	出苗—成熟
日期(日/月)	11/4 28/4	16/5	8/6	17/7	98天
E_p (毫米)	59.4	75.6	93.3	181.9	420.2
实测耗水量(毫米)	34.4	72.7	97.3	199.9	404.1

注:(1) E_p 为用1978年气象资料计算值。

(2) 实测耗水量为永宁王太堡农场观测资料,系1955—1959年平均值。

根据对平罗县22年(1960—1981)逐月潜在蒸散量的计算,历年各月变异很小,年潜在蒸散量(平均825.9毫米)标准差为33毫米,各月标准差仅2—10毫米,即在干旱气候区的多雨和少雨年型下最大可能蒸发量差异不大,因此可以用个别年份的观测资料代表平均情况。如果用平罗22年潜在蒸散量平均值来代替1978年计算值,则全生育期总潜在蒸散量为403.4毫米,和实测值(404.1毫米)基本一样。

按净需水量420毫米计算,扣除同期有效降水补给量(约22毫米),则需补给灌水267米³/亩,麦收后需进行“伏泡”淋洗盐碱,一般用水80米³/亩,冬灌用水定额为120米³/亩,则全年麦田最佳净灌溉定额为三者之和,即467米³/亩。

对照上述最佳灌溉定额,目前滥用黄河肥水资源的情况是惊人的。正如群众所形容的那样:“淹死十亩没人管,旱死一亩喊破天”。灌区平均年引水量68.33亿米³,排水量34.61亿米³,排水占引水的1/2。据估算(刘柏章,1981),如果每减少1亿米³灌溉引水,可使青铜峡水电站多发400万度电,折合35万元收入;而目前每增加1亿米³引水则要增加排水量8,000米³,如果这些水用竖井抽水强排,则需花费160万元。目前银北地区正大力发展机井排水,近期内要打一万眼机井,如全部运转抽水,则耗电量等于一个10万千瓦电厂的发电量,即使如此,单靠井排也很难抵挡灌区上下的大水漫灌之势,那将是排不胜排。但是,若实行科学用水、管水,灌区可节约引水1/4,即少引十多亿方水,其经济效益何等可观!且银北盐渍化之患亦可得到根除。

2. 用地与养地

二十多年来灌区化肥用量逐年上升,近几年来由于复种面积扩大,绿肥减少(1979年只有5万多亩),有机肥料缺乏,更加依赖化肥,实行生产责任制后,农村出现“化肥热”,一般施用化肥为50—100斤/亩,有的农户用量达到240多斤/亩,而且以氮肥为主,缺乏磷肥,既造成浪费,又污染土壤,使土壤耕性变差。例如,平罗新民四队一块麦田,亩施纯氮89.6斤,造成肥害黄苗,氮利用率只有25%,单产仅691斤。

根据平罗县21年(1960—1980)的小麦亩产资料,先求出其时间趋势产量($\hat{y}_t = 155.74 - 8.634t$),再用时间趋势产量(代表生产水平)和全县平均每亩施用化肥量作相关分析,得

出以下方程:

$$\hat{y}_i = 265.78 + 3.7025x - 0.0249x^2 \quad (3)$$

(3)式中 $\hat{y}_i$ 为小麦时间趋势产量, x 为施用化肥量(斤/亩)。方差分析结果: $F=61.28$,相关指数 $R^2=0.87$,剩余标准差 $S=20$ 斤/亩,置信度达到0.01,回归效果极显著。利用(3)式求出使 $\hat{y}_i$ 达到极大值的 x ,即最佳施化肥量 $x_0=74$ 斤/亩, $\max \hat{y}_i=403$ 斤/亩,若氮肥占化肥总量按75%计算,74斤化肥中氮肥为56斤,折合尿素含氮量(46%)为25.5斤,这样完全可以满足小麦亩产400—500斤的要求,配合施用磷肥(P_2O_5)应为15斤/亩。

上述统计分析表明,按最佳化肥施用量具有降低成本,实现增产的好处,但是化肥必须和有机肥结合使用,用地与养地相结合。目前麦收后复种秋粮面积盲目扩大,小麦连作过长,这样必然降低土壤肥力,后患很多,因此应尽快改变这种掠夺式种植方式。实践证明,扩大复种绿肥面积是用地与养地结合的最好方式之一,例如平罗前进公社在1962—1967年试验小麦套种草木樨作绿肥,产草量3,000斤左右,第二年小麦比施同样肥料的晒茬地增产29.4—60.3%;1973—1974年试验麦后复种箭舌豌豆,亩产鲜草2,000—3,000斤,第二年比晒茬地小麦增产20.8—27.8%。

3. 农、林、牧比例

引黄灌区总土地面积2,569.65万亩,其中耕地约400万亩,占15.6%,平原区林地44万亩,约占1.7%,草场382万亩,约占14.9%。林业产值只占农业总产值的1.3%,牧业为12.3%(1978年资料),可见目前灌区农林牧比例是严重失调的。灌区气候干燥,风沙大,热干风危害频繁,没有林网保护就无法从根本上改善小麦和水稻等各种作物的生态环境。例如,黄羊滩农场林地占耕地面积的2.5%,在农垦系统中林业建设还算比较好的,但是农田仍然得不到保护,小麦亩产只有二、三百斤,且由于单一经营,生产成本低,1979年每亩小麦成本达53元。相反地,地处腾格里沙漠南缘的中卫县,由于坚持植树种草,已经建成防御风沙的农田防护林体系,据中卫镇罗公社沈桥大队观测资料,林网内风速比无林区减弱50%,夏季气温平均降低0.5—1.5℃,相对湿度平均增加13.4%,在干旱情况下林网湿度可增大25%,林网内小麦比无林网区平均增产13.4%。

此外,林网还有生物排水作用,可降低地下水位,减轻盐渍化程度。据测定,灌区一株8年生的柳树在一个生长季内,蒸腾水量为18吨,一株8年生的沙枣树排水量为6.6吨。总之,防护林体系是保护灌区农业的生命线,其生态经济效益是巨大的,建议灌区林网覆盖面积力争达到15—20%。

六、结 语

灌溉、良种、化肥、机械等人为因素已经使引黄灌区小麦生产有了很大提高,但是要解决大面积均衡高产、稳产问题,必须搞好生态平衡,其中引水与排水、用地与养地、农林牧结构的平衡问题是三大要害。分析表明,实现小麦和生态环境的生态平衡能产生巨大的经济效益,也是灌区农业的根本出路。

参 考 文 献

- W. 贝尔等著 (王馥棠译) 1980 作物—天气模式及其在产量预测中的应用。第75页, 科学出版社。
- 编写组 1976 宁夏农业地理。第89页, 科学出版社。
- 编写组 1963 银川平原土壤。第120页, 宁夏出版社。
- 杨赞成等 1982 平罗县春小麦低产原因的探讨。宁夏农业科技(3):27。
- 刘柏章 1981 进一步发挥宁夏引黄灌区灌溉排水设施的经济效益。宁夏农业科技(5):6。
- Frere, M. 1979 Agrometeorological crop monitoring and forecasting. FAO, Rome. p.41.

THE ECOLOGICAL CONDITIONS OF SPRING WHEAT AND THEIR IMPROVEMENT IN NINXIA'S IRRIGATING AREAS ALONG THE YELLOW RIVER

Liu Duhui

(Meteorological Bureau of Guyuan Prefecture, Hui Autonomous Region of Ningxia)

The relationship between spring wheat and ecological conditions is made researched from the aspects of agricultural activities, varieties of the spring wheat eutrophic water of the Yellow River, salinization of soil, climate, and so on. The key factors limiting the potential productivity of wheat are the disorder of three important factors draw and drain, land utilization and soil fertilization and with the rational readjustment of the proportion of agriculture, forestry and animal husbandry in these areas. The rational quota of water for irrigation, the optimum amount of chemical fertilizers, and the eco-economic return of ecological equilibrium were also studied. The result was indicated that the main ways to win high and stable yields of wheat and to develop the agriculture of the irrigating area are the establishment of ecological stability of the whole natural system in the irrigating areas.