

陕西永寿常宁公社农业生态因素的 动态解析及其生产潜力

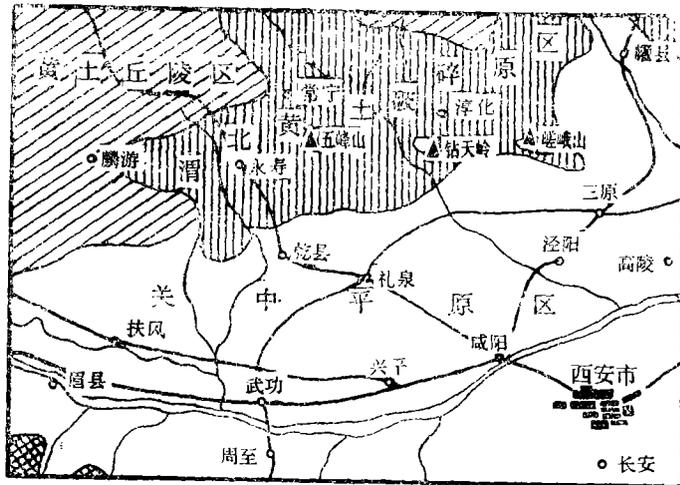
李 治 武

(西北大学地理系)

陕西省永寿县常宁公社，位于泾河中游深切河曲的西岸与永寿梁之间，属黄土高原破碎塬区（图1）。该类型在秦岭以北除关中盆地外，是农业生态条件较好、生产潜力较大的地区。为此我对该社的农业生态因素作了一些动态解析，根据动态规律提出了高产稳产农田建设的途径，供黄土破碎塬区农田基本建设的参考。

一、常宁公社农业生产的现况

常宁公社是以生产小麦、油菜为主的渭北旱作粮油区，居关中和陕北粮油补缺的重要地位，在农业生态条件上具有一定的代表性。该社总面积71平方公里，总人口12,024人，其中农业人口11,692人，农业劳动力3,696人。每个农业人口平均耕地9亩，每劳负担28.5亩，属地多，人少，生产潜力较大的农业区。当前农业生产现况突出表现为土地耕作粗放，利用率不高和产量水平低三方面。耕作粗放主要表现为农田的抗灾能力很低，除塬面修建三分之一的“水平埝地”外，尚无其它防患措施。所以沟蚀塬面，风蚀土壤和旱涝灾害严重地破坏着农业生态条件，使农业生态系统日趋恶化，其显著标志是：土层瘠薄，蓄水能力弱，肥力低，影响了抗旱、抗涝能力，从而也影响了光合潜力。例如一般肥沃土地的



常宁公社地理位置图

图1

小麦播种量为25—28斤，而本区仅10—12斤左右，因而导致了农业生产上的广种薄收。土地利用效率低，主要是在时间和空间上利用不够充分。在空间上约30%的土地（包括河滩地、沟坡地、塬咀地和岭地）还未利用；在时间上约55—90天的生长期被白白浪费，而此时段正值作物生长的旺季，如能恰当安排作物茬口，还可争取一料的收成。产量水平低而不稳是现阶段农业水平的集中反映。据永寿县粮食局1963—1974年的统计：1971年最高，每亩平均产量188斤；1964年最低，每亩平均产量77斤；一般年份在100斤上下，属低而不稳的农业区。形成低而不稳的原因，除人为因素外，与生态因素的波动有密切关系。

二、常宁公社农业生态因素的动态解析

作物的产量是光、温、水、土、气等要素的综合函数，它们之间的变化波动，必然导致产量的变动。因此探索高产稳产规律，必须掌握产量与生态条件之间的因果关系。

(1) 太阳辐射。在作物的经济产量中除15%水分和8%的无机物外，剩余的物质都是通过CO₂和太阳光能制造的碳水化合物，可知辐射值的大小对产量的高低有很大的影响。用公式 $R = R'(0.248 + 0.752N)$ 计算的常宁公社太阳辐射值见表1。

1 常宁公社各月太阳辐射值（大卡/平方厘米·月）

项 目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
日照率(N)	0.56	0.47	0.45	0.45	0.50	0.55	0.53	0.57	0.41	0.44	0.51	0.57
晴天辐射值(R')	10.11	12.1	15.9	19.0	21.7	22.3	22.0	20.1	16.8	13.9	10.8	9.3
辐射值(R)	6.75	7.27	9.32	11.13	13.54	14.76	14.23	13.61	9.34	8.05	6.83	6.30

年总辐射值121.13大卡/平方厘米，生长期4—9月份的累积值76.61大卡/平方厘米。作物生长期的辐射值能否达到高产的要求，可由太阳辐射有效利用率公式计算来判断。

已知常宁公社小麦的最高年产每亩188斤，生长期（4—6月）的辐射总值39.43大卡/平方厘米；玉米的最高年产每亩323斤，生长期（5—9月）的辐射总值65.48大卡/平方厘米。小麦每亩的太阳辐射利用率为0.137%，玉米的每亩利用率为0.15%。由此可知，该区的太阳辐射资源是很丰富的，利用率却很低。如果其他因素配合适当，高产的辐射因素是优越的。

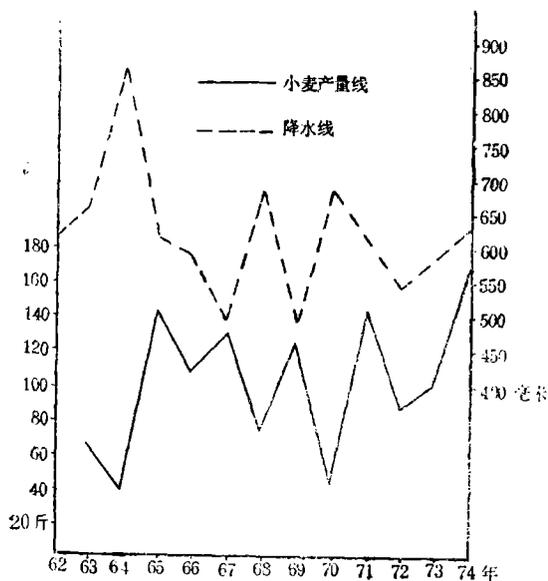
(2) 温度条件。温度对作物的影响方面很多，在此仅依当地的温度状况找出适宜的作物类型，依生长期天数考虑合理利用的耕作制度。

根据作物与温度的关系，将作物分为高温作物、低温作物和中间型作物三类。高温作物要求适宜温度25—35℃，属于这一类的有甘蔗、高粱等；低温作物要求的适宜温度15—25℃，属于这一类的有麦类、油菜、豆类和洋芋等；中间型的要求温度比较广，约在20—30℃，属于此类的有水稻、玉米等。

当地的实际温度如以 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的日平均温为有效生长期，则多年平均始于4月20日，终于10月13日，生长期176天。在生长期内， 15°C 以上的140天， 20°C 以上的80天， 24°C 左右的30天，大部分时间介于 $15-24^{\circ}\text{C}$ 之间，按前述作物对适宜温度的要求，宜在此区种植低温作物小麦、油菜和大豆，同时也可考虑中间型作物玉米等。

从温度与熟制的关系考虑，若其它生态条件都较适宜，由现在一年一熟制改为两熟制，从温度条件衡量是有保证的。例如小麦9月中旬播种，6月中旬收获，从收到种空闲92天；油菜8月上旬播种，6月上旬收割，中间空闲60余天，若倒茬播种小麦，可长达110天以上。在此空闲时段复种谷子、荞麦类短熟制作物在时间上是富裕的，但是目前要保证以正茬小麦为主，考虑合理倒茬，复种面积不能过大。因此，本区在土地利用上还有很大的潜力可挖。

在此空闲时段复种谷子、荞麦类短熟制作物在时间上是富裕的，但是目前要保证以正茬小麦为主，考虑合理倒茬，复种面积不能过大。因此，本区在土地利用上还有很大的潜力可挖。



常宁公社年平均降水量与小麦产量相关图

图2

(3) 水分状况。旱地作物高产适宜的水分条件，其理想值应是降水量与蒸发量相平衡，大于或小于此条件对作物高产均为不利。因此，作物的需水量可依农田蒸发力的多少来衡量。常宁地区的农田蒸发力运用H.L.彭门(Penman)的公式计算比较符合实际，因为该式考虑了高产稳产农田的基本特点，即土壤水分

供应充足；地面为密实的作物复盖；作物在积极地生长。这些内容大致概括了农田生态结构，所以它求得的蒸发力，可以近似的代表作物高产的需水量。

根据彭门公式计算出常宁公社多年各月平均农田有效蒸发力如表2。

表2 常宁公社多年各月平均农田蒸发力 (毫米)

项 目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
蒸 发 力	33.45	33.79	59.61	83.98	116.35	151.44	107.76	124.86	69.97	48.56	31.37	25.27
降 水	7.3	9.5	29.0	54.8	63.0	42.9	97.0	19.8	112.3	63.4	29.2	3.6

彭门算式的缺点是 0°C 以下的蒸发值较大，因 0°C 以下地表冻结，这时仅有升华作用，而蒸发力很弱，故可忽略不计。按此计算，小麦生长期(9月至翌年5月底)的需水量为412毫米即可达到高产的水分要求。关中各灌溉试验站对千斤以上的小麦灌水试

验为405毫米；李玉山等同志的试验为450毫米。三者比较均较接近，因此，用412毫米的需水值可以作为高产小麦的参考。当地的降水能否达到小麦需水这一要求，可从以下三方面来分析：第一、从多年降水记录来看，多雨年857.3毫米，少雨年476.5毫米，多年平均615毫米，均超过了412毫米的要求；第二、从小麦生长期的降水计算，多年平均372毫米，缺欠40毫米，若计播前土壤储水，亦可达到供需之间的平衡；第三、从历年小麦产量与年降水量之间的相关关系来看，二者之间不是正相关，从图2可知，多雨年的产量反而较低。如1964、1968、1970年降水高达857、675、677毫米，而小麦产量分别为36.8斤、71斤和40斤；少雨年1965、1967、1969年，降水依次为608、485和470毫米，而产量反而高于以上年份，分别在145斤、130斤和125斤。由上可知，该区除特殊的大旱年外，一般年份可满足小麦高产对水分的要求。

秋作物以玉米为代表。玉米生长期6个月（4月上旬播种，白露前后收获），需水量654.4毫米，同期降雨量459.8毫米，缺194.6毫米，尤其6月份是玉米需水关键时期，需水高达151.44毫米，而该月的降雨量仅42.9毫米，缺108.54毫米，故6月份常有“卡脖子旱”的威胁，致使玉米减产而收成不稳。

通过夏、秋作物需水与供水情况的分析可知，当地的降水对夏季作物有利，而对秋季作物无保证。今后欲提高复种指数，需扩大水源，方能解决秋季作物需水与供水之间的平衡。

地表水和地下水是本区扩大水源有希望的两个途径，经初步调查，地表水年径流总量474万立方米，可利用的约432万立方米，每亩以275立方米计（412毫米），可灌溉15,700亩。地下水能够灌溉利用的面积仅5.5平方公里，地下水的动储量年约57万立方米，每亩每年以275立方米计，可灌溉2,000亩左右。

由降水、地表水和地下水的总量可知，本区夏秋两料作物高产的需水量与能够利用的水量是基本平衡的，问题是要有效地利用各种水资源。

（4）土壤肥力状况。常宁公社的土壤依据肥力和厚度可分为三等四类，依次为：

黑垆土。这是本区最好的土壤，但面积很小，仅残存在平坦的塬面处和沟头上方的凹地。它的特点是剖面有明显的两层结构，上为褐色熟化层，下为黄土母质层，耕层厚约23厘米，其间有机质含量1.18—1.24%，全氮含量0.058—0.066%，有效磷3.8—4.0ppm，pH值8.3。小麦播种量15—18斤/亩，产量在200斤以上。

黄壤土。这是该社分布最广的土壤，占塬地面积的80%以上，它的特点是剖面结构和色泽均一，无明显的上下差异，耕层厚度13厘米左右，有机质含量0.90—1.10%，全氮0.043—0.052%，有效磷2.6—3.0ppm，pH值8.4—8.6。小麦播种量12—14斤/亩，产量150斤左右。

白壤土。这是当地土类中最差的一类土壤，约占塬面积的17%。它的特点是含石灰质结核多，因富集钙质而色发白得名。耕层厚度3—4厘米，有机质含量仅0.8%，全氮0.04%，有效磷1.8ppm，pH值8.8。小麦播种量9斤/亩左右，产量不超过100斤。

红粘土。这是黄土夹层中的古土壤层，后经侵蚀而露于地表，因色泽暗红、质地粘重而称红粘土。它的肥力状况与生产水平类似白壤土，故当地将二者同归低产土。

由以上四种土壤的肥力、结构和部位之间的相互关系可知，本区的土壤是在黑垆土

遭受侵蚀演变而来。

土壤的分析结果证明，土壤养分、土层厚度以及生产性能均由黑垆土依次向黄垆土、白垆土递减，而pH值却相反，依次由黑垆土向白垆土增高，反映了土壤遭受侵蚀的不同程度。据通常土壤肥力评价标准：全氮 $>0.20\%$ 、有效磷 $>50\text{ppm}$ 为肥沃土；全氮在 $0.10-0.20\%$ 、有效磷在 $20-40\text{ppm}$ 为肥土；全氮在 $0.05-0.10\%$ 、有效磷在 10ppm 为中等土；全氮 $<0.05\%$ 、有效磷 $<6\text{ppm}$ 为贫瘠土。而常宁公社最好的黑垆土全氮仅 $0.058-0.066\%$ ，有效磷仅 $3.8-4\text{ppm}$ 属贫瘠土。可见该区的土壤结构不良、肥力贫瘠、土层浅薄、播种量低，全由水土流失所导致。

(5) 水土流失的危害。该区的土壤均遭受不同程度的侵蚀，若以无侵蚀的黑垆土作为划分土壤侵蚀等级的参考，可将本区的土壤侵蚀分为弱、中、强三级。微弱侵蚀区以黑垆土为标志，但面积很小，约 0.2% 左右。中等侵蚀区以黄垆土为标志，约占垦地面积的 80% 以上。强烈侵蚀区以白垆土为标志，约占垦面积的 17% 。从侵蚀等级来看，几乎全区均处于中等和强烈侵蚀阶段。年侵蚀模数每平方公里约 5.586 吨，沟谷每年平均伸进的速度 $1.5-2.0$ 米左右。所以水土流失危害之广、侵蚀量之大、破坏速度之快，都应列为农业现代化的首要问题对待。

(6) 大风对农业生产的影响。风在三级以下时，可调节作物的二氧化碳浓度，促进光合作用；同时也有助于作物授粉，提高产量。但当风力超过五级时，风蚀使土壤削减肥力，增大蒸发，降低水分利用；若在小麦扬花期，则影响授粉、结实并引起倒伏；若在成熟时期，则引起青干早衰和掉粒而减产。常宁地区是全省闻名的大风区域，素有“常年北风吼，出门坡坡陡”的说法。如1975年4月7日、9日两次八级以上的大风，造成该社严重的灾害，使小麦减产 20% 以上。大风使垆边、垆咀的土壤吹蚀 4 厘米左右，约每亩吹走肥土 27 立方米，致使土地肥力衰退，影响当年和以后的生产。八级大风每年均有，据永寿气象局多年记录（1959—1970年），少者年达 4 次，多者 21 次，平均每年 11 次。从多年月平均值看，1—8月的机率最大，约在 $50-75\%$ 之间，而此时段正值夏秋作物生长的关键时期，如不防治，则年有 $50-75\%$ 的风患袭击作物。因此，防风措施应在本区的农田建设中引起足够的重视。

三、常宁公社高产稳产农田建设途径

我将“高产稳产农田”定义为：农田生态条件处于最佳状况下，光能利用效率达到最高值的农田。高产标准为：要求小麦亩产达到 $1,537$ 斤、玉米达到 $2,809$ 斤；稳产的标准为：要求达到能抗御各种自然灾害，使作物产量不因自然灾害而波动。高产标准是按 $Y = \Sigma R \cdot L$ 公式求出小麦和玉米的最高产量值。

式中：Y——生物学产量（斤/亩）（经济产量按生物学产量的 $1/3$ 计）；

ΣR ——作物生长期间太阳辐射总值（大卡/平方厘米）；

L——最佳生态条件下的干物质系数（斤/亩），

玉米为 0.1238 ，小麦为 0.1114 。

将以上各参数代入，求得小麦最高产量 $1,537$ 斤/亩，玉米 $2,809$ 斤/亩。高产稳产农

田的建设则按上述标准考虑。

(1) 高产稳产农田的水分条件。

我们作了该区多年各月平均降水量与蒸发量之间的相关图，从图3二者之间的消长关系可明显地看出一年内三个不同的水分期：8月中旬至11月下旬为水分盈余期；11月初至翌年4月初为水分稳定期；4月初至8月上旬为水分亏损期。后一时期是易旱时期，要注意水分的调节，因此时期的蒸发力为591.93毫米，降水量415.3毫米，差176.63毫米，即每亩需补调176.63毫米的水量才能达到降水与蒸发之间的平衡。

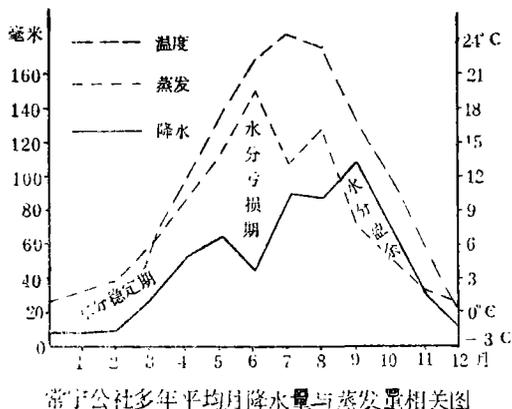


图3

若以该社能够灌溉的耕地51,962亩计，即需水约612万立方米，而当地可利用的地表径流432万立方米，地下水350万立方米，二者合计782万立方米，大大超过了612万立方米的数值。因此，解决4—8月降雨差额176.63毫米的水源是有保证的。如能做到这一平衡，不仅保证了作物高产的水分条件，而且增加了612万立方米的水分循环，从而提高了水分的有效利用，同时对改善生态环境也将产生良好影响。

(2) 高产稳产农田的田面要求。 水土流失地区建设高产稳产农田，必须注意三便要求，即便于水保、便于灌溉和便于机耕。三者的基础是保证田面平整。因水土流失与坡度大小成正比，坡度1°内侵蚀微弱，1—3°为中等侵蚀，3°以上则为强烈侵蚀，所以改变坡度是水保的基本措施。

事实说明，大部分地区属中等和强烈侵蚀坡度区，需要由坡地修建成水平埝地。水平埝地的田面宽度上限不应超过30米，而下限应不小于9米。因本区属轻壤质土壤，土壤空隙度达45%，透水性强。据灌区试验所知，轻壤质土壤的灌水畦长不宜超过30米，超过此值因耗水量大，影响用水定额。下限9米的宽度是根据拖拉机的最小转弯半径确定的。我国的拖拉机以《铁牛55型》和《东方红75型》最普遍，它们的最小转弯半径虽各不相同，但7.5米的半径可适应各种型号，为保险起见可增大到9米宽则可保证机械化操作的方便。9—30米的田面宽，在不同坡度下要达到又省工又能保证田面要求，可通过 $B = H (\text{Cot}\theta - \text{Cota})$ 公式的计算来优选。

式中：B——田面净宽， H——地坎高度；

$\text{Cot}\theta$ ——田面毛宽 (θ 为坡地坡度)；

Cota ——地坎占地宽 (a 为地坎外侧倾角，取 $a = 39^\circ$)。

计算结果表明，1—4°的坡度取1米高的地坎，8°以内的坡度取2米高的田坎即可达到“三便一省”的标准要求。

(3) 高产稳产农田土壤肥力条件要求。 当地的土壤熟化层浅、肥力低，是阻碍作物高产稳产的重要因素，因此土壤的培育应从两方面着手。

适宜作物的土壤深度应考虑三个因素，即作物生长的要求，土壤蓄水的深度和一般

年份连续最大降雨量。这是通过土壤深耕进行抗旱、抗涝和提高产量的有效途径。由土壤蓄水深度公式求得当地土壤蓄水适宜的深度为394.7毫米，相当1.2市尺。但此值是一临界值，小于此值则失去保水效能，因此在实践中应力求达到1.5市尺。这一深度与深根作物小麦、油菜、玉米高产要求1.5市尺的深度是吻合的，故可作为高产土壤的措施考虑。

关于作物高产所需要的肥量，可从预期的最高产量和土壤本身所含有的氮、磷、钾数量来计算。首先求出氮的需要量，磷的数量可依氮磷比例的1/3计，钾因黄土地区是富集区故可不作考虑。

将各项参数代入氮肥施用量公式，可求出小麦亩产1,537斤时，需N56.55斤， P_2O_5 18.85斤；玉米亩产2,809斤，N100斤，需 P_2O_5 33.4斤。通常国内外以亩产粮食100斤需N3斤，需 P_2O_5 1斤计算，按以上小麦产量计，需N46.11斤，需 P_2O_5 15.37斤。二者比较，本文的算值约高出后者10斤，但后一计算未考虑作物的根茎叶和土壤中的N、 P_2O_5 含量，因此本文的计算接近实际，可作为当地科学施肥的参考。

(4) 风患的防治。八级以上的大风对农田的危害甚为突出，为了夺取高产必须建设防风林带。

建设防风林带的有效标准，国内外的经验是林带与主风向垂直，林带减低风速的有效宽度为15—20米，林带之间的间距为树高的20—25倍。本区的主要风向以西北风为主，次为北风，防御这两组风向，以建立东西向的林带最优。因东西向的林带可减少林带的宽度，也减少了林带占地多的缺陷，并且它的效果也不减低。当西北风穿过东西向的林带时，实际上等于穿过垂直林带宽度的一倍多(图4)。如果林带需要20米的宽度，东西向的林带仅要10米就可达到预期的效果。因此在当地宜建东西向的林带，其宽度以10米为宜。

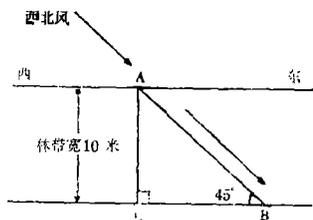


图4

关于林带之间的间距，可依据树高的20倍设计。考虑当地的速生树种白杨树为林带的主体，它的平均高度为12米，以树高20倍计，其有效间距以240米为宜。

宜。

我认为，以上四方面是作物高产稳产不利的因素，若按上述标准进行基本农田建设，则可达到高产稳产农田生态条件的要求。

四、常宁公社农业发展的生产潜力

预测农业发展生产潜力，是科学研究的主要职能。所谓农业生产潜力，就是作物最高光能利用率减去现有利用率。用 $P = (\Sigma R \cdot L) - Y$ 公式可求出该社小麦和玉米的生产潜力。

甘肃中部干旱地区的洪水及其利用

王 晶 苏仲仁

(甘肃省水利厅水土保持局)

甘肃省中部干旱地区，西起东乡、永登，东到陇山，北至景泰，南到陇西、秦安，总土地面积约6.86万平方公里。耕地2,100万亩，其中有效灌溉面积仅占13%，绝大部分缺乏灌溉条件，土壤水分无地下水源补给，完全依赖大气降水。据气象部门分析，中部地区小麦需水最多的拔节至开花灌浆期（5—6月）的降雨量与定西地区夏田单产的关系（图1），求得两者相关系数为0.478，信度达0.05。尽管影响产量的因子十分复杂，但仍得到上述较高的相关系数，说明目前的生产水平、产量在很大程度上取决于降水的多少。

式中：P——发展的生产潜力； $\Sigma R \cdot L$ ——光合作用最高产量；
Y——现有作物产量。

前已依据 $Y = (\Sigma R \cdot L)$ 求出小麦的最高产量为1,537斤/亩，玉米为2,809斤/亩。而现在的产量小麦为174斤/亩，玉米为323斤/亩，可见今后小麦可达到的生产潜力为1,363斤/亩，玉米的生产潜力为2,486斤/亩；二者均高出现有产量的9倍。参考世界作物高产记录和平均单产差值看（表3），常宁公社的生产潜力计算值与先进国家的生产潜力值是大致吻合的。

表 3 目前世界主要粮食作物最高产量与平均单产统计表

作物	试验田最高记录斤/亩 A	世界平均单产斤/亩 B	A/B
水稻	3,420 日本	320	10.7
小麦	1,874 美国	227	8.3
玉米	2,950 美国	372	7.9
大豆	1,020 日本	188	5.4

表3表明，世界最高产量与平均单产之比为8—10倍，而常宁地区计算最高产量高出现在平均产量9倍，所以上述生产潜力值是可以达到的。若以小麦每亩1,363斤、玉米每亩2,486斤的生产潜力计算，该社5万余亩耕地可增产小麦6,815万斤，或增产玉米12,430万斤。今后作为陕西省的粮食基地从生态条件或是生产潜力来讲都是很有希望的。因此，建议农业负责部门，应将渭北地区作为农业发展的重点地区进行建设投资。