

宁夏平罗县几种典型土壤修正系数的确定

黄玉霞, 李新平, 毛文娟, 魏玉奎

(西北农林科技大学资源与环境学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 土壤修正系数是估算一个地区土壤生产潜力的关键。通过小麦盆栽实验, 运用最低限制因子律模型对平罗县的盐土、碱土、改良盐碱土和灌淤土进行土壤修正系数的估算, 得出盐土、碱土的修正系数分别为 0.3045 和 0.2206, 改良盐碱土为 0.4806, 灌淤土为 0.6188。结果表明: 灌淤土最适宜于种植, 且它的生产潜力最高, 改良盐碱土次之, 盐土和碱土最小。土壤养分是这四种供试土壤生产潜力的主要限制因素; 且土壤结构以及土壤盐分也是当地盐土和碱土生产潜力的主要限制因子, 可通过适当的改良措施和合理施肥提高生产潜力。

关键词: 平罗县; 土壤修正系数; 有效函数; 土壤生产潜力

中图分类号: S158 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2010)05-0124-05

土地生产潜力作为土地最本质的属性, 受气候、土壤、植物自身等多因子影响, 关系到一个区域的社会经济发展方向, 是区域开发和生态环境建设的重要基础条件^[1]。土壤生产潜力的计算一般用气候生产潜力乘土壤修正系数得出^[2], 因而土壤修正系数是计算土壤生产潜力的关键。但已有成果对光、温、水等气候因素考虑非常完善, 相比之下, 土壤有效系数的计算还在探索中^[3], 因为土壤是一个很难定量描述的、变异很大的自然体, 土壤条件与作物生长的关系也相当复杂, 很难用一个通用数值或函数式表达, 因而土壤修正系数的研究则很复杂^[4]。如何根据我国的土壤类型和分布特征, 综合考虑土壤性状、养分和立地条件来计算土壤修正系数, 是值得探讨的理论问题之一。

在干旱半干旱地区, 土壤盐碱化是影响农业生产与生态环境的一个重要因素。严重的盐碱化, 影响植被生长并间接造成生态环境恶化, 使土地利用率降低, 农作物低产、减产或绝收。而土壤修正系数由土壤条件决定^[5], 土壤修正系数是其评价单元的土壤条件的直观反映, 可以为土壤培肥与改良、土地评价、土地利用规划提供基础性的服务^[6]。对盐碱土修正系数的研究, 能够更好地评价盐碱土, 找出限制其生产潜力的因素, 并提出适当的改良方法和进行合理利用开发。许多研究学者在土壤修正系数方面也做了大量工作, 但考虑到土壤盐分含量的研究则很少。因而本文根据宁夏平罗地区盐碱土土壤特点对土壤修正系数进行分析, 为干旱盐渍化地区土壤生产潜力评价奠定基础, 并为该地区的土地合

理开发利用提供理论指导。

1 研究区概况与试验材料

1.1 研究区概况

平罗县位于宁夏平原北部, 地处我国西北内陆中温带干旱地区, 宁夏平原的北部, 在东经 105°58' ~ 106°50' 与北纬 38°41' ~ 39°09' 之间, 东隔黄河, 西以贺兰山分水岭与阿拉善左旗接壤, 为宁夏引黄灌区十二县、市之一, 也是宁夏重要商品粮基地之一。

平罗县深处内陆, 属典型北温带大陆性气候, 海拔 1 091 ~ 1 240 m, 气候特点是干旱少雨, 风大沙多, 日照充足, 蒸发量大, 春暖快、夏热短、秋凉早、冬寒长, 无霜期短, 温差较大。全年日照时数 3 124.6 h, 平均气温 11.1℃, 降水量 198.2 mm, 主要集中在 7 ~ 9 月份, 蒸发量 1 710.8 mm, 无霜期 192 d。

平罗地形地貌分为贺兰山山麓洪积扇、西大滩碟形洼地、黄河两岸冲积平原和河东鄂尔多斯台地、毛乌素风沙区五大地貌单元, 地形西高东低。土壤主要类型为草甸土、盐碱土、灰钙土、白疆土、新积土、沙丘沙地、山地灰褐土和灌淤土, 土壤盐碱化严重。其中, 灌淤土面积 4.6 万 hm^2 , 占全县土地面积的 22.05%, 是本县最好的耕作土壤。

1.2 试验材料与方法

试验中供试土壤于 2008 年 7 月选自宁夏平罗西大滩及周边地区具有代表性的盐土、碱土、改良过的盐碱土以及灌淤土, 并以当地最好耕作土壤的灌淤土作为对照。土壤采样深度为 0 ~ 20 cm, 耕层厚度通过土壤剖面测定, 土壤容重在采样后以密封袋

收稿日期: 2009-12-08

基金项目: 日本 COSMO 石油株式会社资助项目

作者简介: 黄玉霞 (1985—), 女, 陕西略阳人, 在读硕士, 主要从事土地资源利用与管理研究。E-mail: huangyurao@163.com。

通讯作者: 李新平 (1961—), 男, 陕西武功人, 副教授, 主要从事土壤与生态研究。

带回实验室即以烘干法测定。土壤其它基本理化性质的测定方法按照第三版中国农业出版社出版的《土壤农化分析》测定,生态条件通过收集、查找资料得到。

盆栽试验在温室大棚中进行,采用小偃六号小麦品种为供试作物,盐土、碱土、改良过的盐碱土以及灌淤土为供试土壤,通过测定生物量与土壤含盐量来确定土壤盐分对土壤修正系数的影响。每盆15株,每种土壤设3个重复,温度、浇水量控制一致,2008年10月15日开始,2008年11月15日结束,记录其发芽率,并称取小麦整株作为生物量。

2 土壤修正系数的确定

2.1 土壤修正系数

在一定的气候与投入水平条件下,某种土壤能够满足作物生长的生态、生理要求的程度称其为该土壤对这种作物的土壤修正系数^[7]。根据联合国粮农组织FAO 1971年提出的土地生产力指数模型,用土壤物理性状、化学性状和生态条件3大方面的10个单因素的几何平均值表示土地生产力综合评价指数PI作为土壤修正系数^[1]:

$$PI = \sqrt[10]{F1 \times F2 \times F3 \times F4 \times pH \times Q \times T \times P \times E \times I} \quad (1)$$

等式右边的字母分别是各单因素有效函数。式中F1表示有机质含量、F2表示速效磷含量、F3表示速效钾含量、F4表示全氮含量、pH表示土壤酸碱度、T表示土壤质地、P表示光热条件 $\geq 0^\circ\text{C}$ 积温、I表示土壤有效厚度、Q表示土壤容重、E表示水分供应能力。

2.2 影响土壤修正系数的因子

根据因子的隶属函数可以知道单个因子与土壤修正系数的关系,而土壤修正系数是所有因子综合作用的结果^[8],怎样分析因子的综合作用是多因子评价研究中探讨的热点。在土地评价中,由于土壤对农作物生产潜力影响较为复杂,目前建立土壤影响函数比较困难,一般采用最低限制因子律模型^[6,9-11]。而正确选择评价因子是土壤修正系数研究的前提,针对研究区的土壤特点以及生态条件,并借鉴以往土壤生产潜力研究经验,本研究选择土壤质地、土壤耕层结构、土壤耕层厚度、土壤pH、土壤养分含量、土壤盐分以及当地光、热条件等非土壤因素作为影响土壤修正系数的评价因子。

2.2.1 土壤物理条件有效函数

(1) 土壤质地有效函数 U_T ^[6] 土壤质地直接

反映土壤的贮水保水以及保肥。

$$U_T = \begin{cases} 1 & 40\% \leq k \leq 60\% \\ (k - 20)/20 & 20\% \leq k \leq 40\% \\ 0 & k < 20\% \end{cases} \quad (2)$$

式中,k为土壤中小于0.01 mm的物理粘粒含量。

(2) 土壤耕层结构有效函数 U_Q ^[5] 容重反映了土壤的熟化程度,它对作物生长有着很大的影响。

$$U_Q = \begin{cases} 1 & 1.18 \leq d \leq 1.28 \text{ g/cm}^3 \\ (4 - 2d)/2.65 & 1.28 \leq d \leq 2.0 \text{ g/cm}^3 \\ 2d - 1.36 & 0.68 < d < 1.18 \text{ g/cm}^3 \end{cases} \quad (3)$$

式中,d为耕作层土壤容重。

(3) 土壤耕层有效函数 U_I 由于耕作层是作物根系的主要分布区域,厚度应至少20 cm。

$$U_I = \begin{cases} 1 & I \geq 20 \text{ cm} \\ I/20 & I < 20 \text{ cm} \end{cases} \quad (4)$$

2.2.2 土壤化学条件有效函数

(1) 土壤养分有效函数 U_F

$$U_F = \begin{cases} 1 & F \geq F_0 \\ F/F_0 & F < F_0 \end{cases} \quad (5)$$

式中, F_0 为养分的丰值,采用全国第二次土壤普查一级地的下限值作为计算标准^[10],即有机质40 g/kg、速效磷40 mg/kg、全氮2 g/kg、速效钾200 mg/kg, F 为各养分的实际含量, F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 分别代表有机质、速效磷、全氮和速效钾。如果 $U_F = 1$ 时,据最低限制因子律模型,该养分已不是限制因子,耕地的农业自然生产力就由其它土壤限制因子确定。

(2) 土壤酸碱有效函数 U_{pH} 任何作物的生长都需要有合适的酸碱度,在其适宜范围内作物正常生长。

$$U_{pH} = \begin{cases} 1 & 6.5 \leq pH \leq 8.0 \\ 1/(7.5 - pH) & pH < 6.5 \\ 1/(pH - 7.0) & pH > 8.0 \end{cases} \quad (6)$$

(3) 土壤盐分有效函数 U_s 当土壤含盐量在适当范围时,会作为养分促进作物的生长;而当含盐量超过一定限度时,又会抑制作物的生长。在宁夏平罗地区,盐碱土分布很广,且土壤含盐量较高,是制约当地农业生产的一个重要因素。

对苗期的小麦植株来说,当土壤含盐量小于1.0 g/kg,基本上不影响小麦的生长,而当大于5.0 g/kg,则抑制了小麦的生长,生物量几乎为0。因而在本试验中以含盐量小于1.0 g/kg时的生物量为单位1,不同供试土壤下小麦生物量占含盐量小于1.0 g/kg时的最大生物量份数为盐分有效函数。

表 1 盆栽试验中供试土壤含盐量与小麦苗期生物量的关系

Table 1 The relations of salt content and wheat seedling biomass about tested soil in the pot experiment

土壤类型 Soil type	盐土 Saline soil	碱土 Alkali soil	改良盐碱土 Modified saline-alkali soil	灌淤土 Irrigation-silted soil
土壤含盐量 Content of salt(g/kg)	3.44	4.42	2.32	0.55
小麦苗期生物量 Seedling biomass of wheat(g)	0.867	0.067	3.879	5.286
小麦发芽率 Germination rate of wheat(%)	20	7	98	98

由表 1 可以看出,当盐分含量大于 3.44 g/kg 时,小麦的发芽率很低,严重限制了当地的农业生产。而当盐分含量在 0~2.31 g/kg 范围内时小麦的发芽率基本不受影响,但随着盐分含量的增加,生物量逐渐减少。由此在小麦的耐盐性范围内,依据本盆栽试验可得到土壤含盐量与小麦生物量之间的回归方程关系式:

$y = -1.4349x + 6.3489$

根据此回归方程可以推导出平罗当地针对小麦几种土壤的盐分有效函数与盐分含量的关系式:

$$U_s = \begin{cases} 1 & S < 1.0 \text{ g/kg} \\ m/6.3489 & 1.0 \leq S < 5.0 \text{ g/kg} \\ 0 & S \geq 5.0 \text{ g/kg} \end{cases} \quad (7)$$

式中, *m* 为作物的实际生物量; *S* 为土壤盐分含盐量。

2.2.3 土壤生态条件有效函数

光热条件有效函数

$$U_P = \begin{cases} 1 & P \geq 5300 \\ (P - 4800)/500 & 4800 \leq P < 5300 \\ 0 & P < 4800 \end{cases} \quad (8)$$

表 2 平罗县土壤的基本理化性质

Table 2 The basic physicochemical properties of tested soils in Pingluo

土壤类型 Soil type	盐土 Saline soil	碱土 Alkali soil	改良盐碱土 Modified saline-alkali soil	灌淤土 Irrigation-silted soil
小于 0.01 mm 物理粘粒含量(%) <0.01 mm clay content	35	33	39	43
土壤容重 Soil bulk density(g/cm³)	1.73	1.77	1.57	1.38
耕层厚度 Thickness of topsoil(cm)	14	7	27	43
有机质 Organic matter(g/kg)	5.3	5.4	8.5	13.8
速效磷 Available P(mg/kg)	4.8	6.4	13.6	15.8
全氮 Total N(g/kg)	0.25	0.27	0.26	0.40
速效钾 Available K(mg/kg)	131	150	178	167
pH	9.8	10.1	9.4	8.3
土壤含盐量 Content of soil salt(g/kg)	3.44	4.42	2.32	0.55
≥0℃ 积温 ≥0℃ Accumulated temperature	5748	5748	5748	5748

2.3.2 土壤修正系数的确定及主要限制因素的分析 依据公式(1),带入各评价因子的有效函数,可计算出针对小麦的平罗四种典型土壤的修正系数:

式中, *P* 为 ≥0℃ 积温分布,代表了农业生产年度内的光热资源量,以 5 300℃ 为农作物最佳生长低限,4 800℃ 为小麦与杂粮复种的最低热量界限^[12]。

2.3 土壤修正系数的确定

2.3.1 土壤肥力特性分析 平罗地区干旱少雨,但因有黄河水的灌溉,且光照充足、热量丰富,拥有良好的种植环境条件。然而,当地很多土壤因为不合理的种植、漫灌等因素导致盐碱化严重,养分贫瘠,呈强碱性,肥力很低,限制了农业生产。当地四种土壤基本理化性质状况见表 2,土壤养分除速效钾比较丰富之外,全氮、速效磷、有机质含量都处于缺乏状态。pH 较高,除灌淤土外,基本都大于 9.0。盐土和碱土的地表土层很薄,盐分含量都比较高,处于抑制小麦生长的范围内。且它们的容重值也很高,明显的显示出土壤结构较差。盐碱地改良后土壤中速效钾、速效磷的含量得到一定的提高,pH 与土壤结构也得到了一定改善。相比较下,灌淤土的土壤养分含量较其它土壤高,土壤结构良好,土壤肥力较高。

盐土为 0.3045;碱土为 0.2206;改良盐碱土为 0.4806,灌淤土为 0.6188。

土壤修正系数由土壤条件决定,土壤对作物的

限制性越大,则土壤修正系数越小^[7]。因而当某种类型土壤的修正系数值越大,说明该土壤的质量就越高,反之,土壤的质量就越差。由此可见,在平罗地区灌淤土的土壤较为肥沃,结构和质地良好,质量很高,适宜于种植。碱土的修正系数值很小,它的土壤结构很差,已经不能进行作物种植。盐土虽然修正系数值也比较小,但对一些强耐盐性的植物来说仍可以生长。改良过的盐碱土,土壤条件得到了良好的改善,肥力提高,增加了种植的可能性。

从表 3 可以看出,不同的评价因子对土壤的影响是各不相同的,且同一评价因子对不同类型的土壤影响也是不尽相同。总体上,土壤养分中全氮、有

机质、速效磷、容重及土壤含盐量的有效函数值较小,其中以全氮对四种土壤的限制性影响最显著。盐分含量对碱土及盐土的影响也非常显著,尤其是对碱土,强碱性几乎使得作物无法生长。且 pH 对盐土和碱土的修正系数影响性也较显著,但经过改良后这一限制因素得到了改善。由此可见,土壤养分贫瘠是平罗当地四种土壤的主要限制因素之一;且土壤盐分含量高、土壤结构差也是碱土和盐土的主要限制因素。因而,对当地还能种植盐土和碱土生产力培育的关键任务是改善土壤结构,降低土壤盐分含量,提高土壤肥力。

表 3 平罗县土壤的各有效函数
Table 3 The valid function of tested soils in Pingluo

土壤类型 Soil type	盐土 Saline soil	碱土 Alkali soil	改良盐碱土 Modified saline-alkali soil	灌淤土 Irrigation-silted soil
小于 0.01 mm 物理粘粒含量(%) <0.01 mm clay content	0.75	0.65	0.95	1
土壤容重 Soil bulk density(g/cm ³)	0.20	0.17	0.33	0.47
耕层厚度 Thickness of topsoil(cm)	0.7	0.35	1.0	1.0
有机质 Organic matter(g/kg)	0.133	0.135	0.213	0.345
速效磷 Available P(mg/kg)	0.120	0.160	0.340	0.395
全氮 Total N(g/kg)	0.125	0.135	0.130	0.200
速效钾 Available K(mg/kg)	0.655	0.750	0.890	0.835
pH	0.357	0.323	0.417	0.769
土壤含盐量 Content of soil salt(g/kg)	0.14	0.01	0.60	1
≥0℃ 积温 ≥0℃ Accumulated temperature	1.0	1.0	1.0	1.0

2.4 土地生产潜力

土地生产潜力是指土地在一定条件下能够持续生产出人类需要的生物产品的内在能力,土地生产潜力的研究是土地承载能力研究的基础,是寻求解决区域人口、资源、环境三者协调与发展的重要依据^[13]。而土地生产潜力的形成是绿色植物通过光合作用将太阳能转化为化学能,将无机物合成有机物的结果,其实质是能量物质的转化过程。因此依据作物能量转化及产量形成过程,逐步“衰减”估算出当地的土地生产潜力^[2,15]。其函数式为:

$$Y_L = Y_Q \times f_{(Q)} \times f_{(T)} \times f_{(W)} \times f_{(S)} \tag{9}$$

式中, Y_L 为单位面积上的土地生产潜力; Y_Q 为单位面积上作物光合生产潜力; $f_{(Q)}$ 、 $f_{(T)}$ 、 $f_{(W)}$ 、 $f_{(S)}$ 分别为光合作用过程中光合、温度、水分、土壤的修正系数。

因而对于某一地区,知道了土壤修正系数之后,可以非常灵活地结合光温水生产力分析这一地区的土地生产潜力^[15]。对于平罗县地区,此次采样地范

围光、温、水条件基本上可以看做一致,因此不同土壤的生产潜力最主要取决与它的修正系数大小。所以可以得出灌淤土的生产潜力最大,改良盐碱土次之,盐土较小,碱土最小。并且我们可以看出在光、温、水基本一致的条件下,该地区灌淤土的光温水土生产潜力占光合生产潜力的 62% 左右;改良盐碱土占大约 48%;盐土占 30%,而碱土仅占 22%。这说明土壤是限制生产潜力的主要因素,盐土和碱土的生产潜力还有很大的改善空间。

3 结论与讨论

1) 在平罗地区的四种土壤中,对修正系数影响比较显著的因素是土壤养分和土壤结构,土壤盐分对盐土和碱土的修正系数影响也很显著。但在分析土壤修正系数时,本文所考虑的土壤评价因子是有限的,对土壤修正系数产生影响的因素还有很多,在文章中很难得到充分体现。

2) 结合土壤修正系数,得出平罗地区灌淤土的

生产潜力最大,改良盐碱土次之,盐土和碱土最小。说明当地的灌淤土和可以种植的盐、碱土都有很大的生产潜力和增值空间。且只要通过合理的改良方法,盐土和碱土的生产潜力也是可以提高的,这也为有着大面积盐碱土的地区提供了种植的可行性示范。

3) 此次采样的土壤地理环境基本上一致,因此对于影响土地生产潜力的光、温、水因素没有进行讨论。而在现实生产中,由于地形地貌等的影响形成当地的小气候,对不同区域的土地生产潜力影响也很大。尤其是干旱与半干旱地区,水分对土地生产潜力的限制很显著,这些需要进一步的研究与讨论。

4) 在平罗地区,由于该地区生产力水平、劳动者素质和社会经济等因素,土壤生产潜力还没有充分发挥出来。土壤肥力亏缺是当地的土壤生产力主要限制因素,土壤结构与土壤含盐量也在很大程度上限制了当地的生产潜力。因此,对于在土地的开发利用中,要注意改良土壤,培肥地力,降低土壤含盐量,提高土壤生产潜力。可从以下方面着手:A. 增施化肥(主要是 N、P)和有机肥(包括各种绿肥),同时提高化肥的利用率,减少副作用。改善土壤理化性质,改良土壤质地和结构。B. 加大农业科技投入,培育和推广耐盐、高产、耐瘠的优良品种也是提高现实生产力的重要措施之一。C. 采用生态措施改善当地生态环境,达到调节气候,维护生态平衡,改善土地的利用条件;采用工程措施防止土壤此生盐渍化的发生;采用化学生物等方法改良当地盐碱土,脱盐洗盐,提高盐碱土的生产潜力。

参 考 文 献:

- [1] 孙希华. 长清县农用土地生产力评价及生产潜力研究中国人口[J]. 资源与环境, 2001, 11(52): 134—136.
- [2] 李相玺, 尹忠东, 何长高. 土地生产潜力研究综述[J]. 水土保持学报, 2001, 10(15): 33—36.
- [3] 陈振明. 江西省永修县土地生产潜力初探[J]. 江西化工, 2008, (2): 67—69.
- [4] 党安荣, 阎守邕, 吴宏歧, 等. 基于 GIS 的中国土地生产潜力研究[J]. 生态学报, 2000, 20(6): 910—915.
- [5] 崔方让, 李新平, 魏迎春, 等. 新疆和田开发区土地生产潜力评价与土壤修正系数的确定[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(3): 125—128, 137.
- [6] 赵齐阳, 邓良基, 杨成建. 基于 GIS 的雅安市土地生产潜力研究[J]. 四川大学学报(自然科学版), 2005, 42(4): 811—817.
- [7] 张军连, 林 培. 土地生产潜力评价中土壤修正系数模型的研究[J]. 自然资源学报, 1994, 9(3): 260—270.
- [8] 刘哲民. 土地生产潜力的估算方法[J]. 宝鸡文理学院学报, 1997, (1): 43—48.
- [9] 聂庆华. 土地生产潜力和土地承载能力研究进展[J]. 水土保持通报, 1993, 13(3): 53—58.
- [10] 刘 彬, 杨改河, 张丽萍. 南疆地区农业资源生产潜力分析与评价[J]. 干旱区资源与环境, 2006, 20(3): 139—143.
- [11] 王道杰, 崔 鹏, 朱 波, 等. 泥石流滩地土地生产潜力评价[J]. 土壤通报, 2004, 35(6): 683—687.
- [12] 熊平生, 谢金宁, 谢世友. 重庆地区耕地生产潜力及承载力分析[J]. 农业现代化研究, 2008, 29(5): 584—587.
- [13] 王宗明, 张 柏, 宋开山, 等. 东北地区农业土地资源潜力评价模型及其应用[J]. 生态科学, 2007, 26(4): 351—360.
- [14] 郑海霞, 封志明, 游松财. 基于 GIS 的甘肃省农业生产潜力研究[J]. 地理科学进展, 2003, 22(4): 400—407.
- [15] 龙梅雪. 枣庄市土地资源生产潜力研究[J]. 山东省农业管理干部学院学报, 2003, 19(1): 105—106.

Determinating soil modification coefficient of several typical soils in Pingluo, Ningxia

HUANG Yu-xia, LI Xin-ping, MAO Wen-juan, WEI Yu-kui

(College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Determination of the soil modification coefficient is vital to evaluate the land potential productivity. Through a pot experiment of wheat, the model of lowest limited factor was used to estimate the modification coefficient of saline soil, alkali soil, modified saline-alkali soil and irrigation-silted soil in Pingluo. The results of the modification coefficient were 0.3045 in saline soil, 0.2206 in alkali soil, 0.4806 in modified saline-alkali soil, and 0.6188 in irrigation-silted soil. It showed that the irrigation-silted soil was suitable to plant, and its potential productivity was the highest, while saline soil and alkali soil were the lowest. Soil nutrient was the main limiting factor to potential productivity of the four tested soils, also soil structure and soil salt were major limiting factors for saline soil and alkali soil. We could use proper modified measures and rational fertilization to improve the potential productivity of tested soils.

Keywords: Pingluo; soil modification coefficient; valid function; soil potential productivity