

山西地区小麦光合生产潜力研究

米晶晶, 李素清, 郭 陆

山西大学黄土高原研究所, 太原 030006

[摘要] 根据黄秉维提出的光合生产潜力理论, 结合山西地区的气候与当地地理状况, 以及实际栽培条件, 在 Photoshop 8.0 的支持下, 将山西小麦分为三大产区, 针对各产区的情况选育优质品种, 最后从品种、栽培措施、生态条件方面提出几点建议。目的是分析山西地区小麦产量的上限与实际产量差距; 结果说明山西地区小麦的光合生产潜力很大。因此, 掌握气候因素对其影响、改良作物品种、改善作物环境、选育优质品种, 将大幅度地提高小麦产量。

[关键词] 光合生产潜力; 小麦产量; 光辐射

[中图分类号] S5-033, S512.1

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2007)16-0049-04

Study on Photosynthetic Potential Productivity of Wheat in Shanxi

MI Jingjing, LI Suqing, GUO Lu

Institute of Loess Plateau, Shanxi University, Taiyuan 030006, China

Abstract: According to the concept of photosynthetic potential productivity put forward by Huang Bingwei, this paper divides the wheat producing area in Shanxi province into 3 parts by Photoshop 8.0, based on the climate in Shanxi area and the geographical features and actual cropping conditions. According to different varieties, cultivation methods and ecological conditions, the paper makes several suggestions in analyzing the difference between the real output and the theoretical one. It is shown that the potential of the wheat output is great in Shanxi province, and the climate factor, seeds and the environment are important for raising the output of the wheat.

Key Words: photosynthetic potential productivity; wheat output; ray radiation

CLC Numbers: S5-033, S512.1

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2007)16-0049-04

0 引言

作物的光合生产潜力反映作物的产量上限。运用黄秉维的光合生产潜力理论, 计算山西地区小麦的上限产量, 意在反映山西地区的自然光辐射量对小麦的影响程度。通过理论值与实际产量的比较, 可以对人类利用、控制和改造自然的能力进行分析及再提高。旨在分析山西地区小麦群体对太阳辐射的截获和利用情况, 结合当地其他的环境因子、人为管理及选育品种自身特点的优势, 对小麦进行生态分区。针对各区的地理特征, 因地制宜地种植小麦。

最后提出几点建议, 其意义在于通过分区, 更好地利用各区自然及品种优势, 达到小麦高产。

1 研究区地形与气候概况

山西省地处黄河中游、华北西部的黄土高原东翼。省境轮廓大体呈平行四边形, 介于东经 $110^{\circ}15'$ ~ $114^{\circ}33'$, 北纬 $34^{\circ}34'$ ~ $40^{\circ}43'$ 之间; 南北 628 km, 东西 385 km, 总面积 15.66 万 km^2 。全省包括 6 个省辖市、5 个地区、119 个县(市、区)。山西地形多样、高差悬殊, 因而既有纬度地带性气候, 又有明显的垂直变化。山西地处中纬度, 距海不远, 但因山脉阻隔, 夏季风影响不大, 属温带大陆性季风气候; 年平均气温 $3\sim 14^{\circ}\text{C}$, 昼夜温差大, 南北温差也大。山西无霜期南长北短, 平川长山地短。全省年降水量在 400~650 mm, 但季节分布不均匀, 夏季 6~8 月降水高度集中且多暴雨, 降水量约占全年的 60% 以

收稿日期: 2007-06-27

基金项目: 山西省软科学研究项目 (051013-2)

作者简介: 米晶晶, 太原市坞城路 92 号山西大学黄土高原研究所, 主要研究方向为生态地理; E-mail: tarke@163.com

李素清(通讯作者), 太原市坞城路 92 号山西大学黄土高原研究所, 副教授, 研究方向为景观生态;

E-mail: lisuqing@sxu.edu.cn

上。全省降水受地形影响很大,山区较多,盆地较少。

山西省现有耕地 4 063.044 万 hm^2 。主要粮食作物有小麦、高粱、豆类和薯类;经济作物有棉花、烟叶、甜菜、胡麻、油菜籽等。大同、太原、忻州、临汾和运城等盆地是山西省的主要农作区。

2 数据与研究方法

2.1 数据获取

选择山西地区的主要粮食作物——小麦作为研究对象,根据 1990–1999 年 10 年的气象资料,即 1990–1999 年太原气象站的光辐射量值,运用黄秉维提出的光合生产潜力的理论,计算山西地区小麦光合生产潜力的理论值。与此同时,收集了 1990–1999 年山西地区的小麦实际生产量,与之作对比。

2.2 研究方法

农业生产潜力是以气候条件估算的农业生产潜力,即在当地光、热、水等气候因素的作用下,假设作物品种、群体结构、土壤、栽培技术等处于最适状态时,单位面积可能达到的最高产量。

光合生产潜力是指在当温度、水分、二氧化碳、养分、群体结构等得到满足或处于最适状态,且无病虫害等的理想条件下,单位面积、单位时间内,由当地太阳辐射所决定的产量上限。它是由光合作用中能量转换规律及群体的生态条件所决定的^[1]。

$$Y_1 = f(Q) = \sum Q \varepsilon \alpha (1-\rho)(1-r) \Phi (1-\omega)(1-\chi)^{-1} \cdot H^{-1} \quad (1)$$

式中, $\sum Q$ 为投射到单位面积上的年总辐射量 ($\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$);

ε 为可用于光合作用的光合有效辐射比率,一般取 0.49;
 α 为作物群体的吸收率,在作物整个生育期间,吸收率是叶面积增长的函数,即 $\alpha = 0.83 L_i / L_0$,其中 L_0 为最大叶面积系数, L_i 为某时段的叶面积系数; ρ 为非光合器官的无效吸收率,取 0.1; r 为光饱和和限制率,在自然条件下, $r=0$;
 Φ 为光合作用量子效率,取 0.224; ω 为呼吸作用的耗损率,取 0.3; χ 为含水率,取 0.14; H 为形成 1 g 干物质所需热量,取 $1.8 \times 10^4 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$,将各系数代入式(1),得

$$\begin{aligned} Y_1 &= 3.75 \times 10^{-6} L_i / L_0 \sum Q (\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}) \\ &= 2.5 \times 10^{-2} L_i / L_0 \sum Q (\text{kg} \cdot \text{mu}^{-1}) \\ &= 0.375 L_i / L_0 \sum Q (\text{kg} / \text{hm}^2) \end{aligned} \quad (2)$$

假设群体结构为最优时,即 $L_i / L_0 = 1$,则

$$Y_1 = 2.5 \times 10^{-2} \sum Q (\text{kg} \cdot \text{mu}^{-1}) = 0.375 \sum Q (\text{kg} / \text{hm}^2) \quad (3)$$

得出光合生产潜力,这是产量的上限。

3 结果与分析

从表 1 中可以看出,山西地区 1990–1999 年 10 年的光辐射量总体呈上升趋势,1995 年、1997 年和 1999 年光辐射量比其他年份的光辐射量偏高。根据光合生产潜力理论,计算出小麦的理论产量,与本文收集的山西地区 1990–1999 年小麦的实际产量作比较,可以明显得出小麦的实际产量与理论值之间存在很大差距。

表 1 小麦理论值与实际产量比较
Table 1 Comparison between theoretical and real output of wheat

年份	年总辐射值/ ($\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$)	光合生产潜力 值/($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	小麦产量 /($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)
1990	372 604	139 886.4	4 794.294
1991	486 561	182 643.1	4 659.159
1992	496 357	186 320.3	4 121.622
1993	491 814	184 614.9	4 885.886
1994	495 502	185 999.2	4 435.435
1995	518 337	194 571	4 055.556
1996	485 998	182 431.7	4 515.015
1997	528 923	198 544.7	5 234.234
1998	493 607	185 288	4 818.318
1999	522 987	196 316.5	4 001.502

综合性原则和主导因素原则是区划的两大基本原则。根据山西各个地区的气候资源与地理条件,结合当地的小麦类型,徐兆飞^[2]等运用聚类分析法,主要根据子粒的颜色和质地来作为品质、性状选取的指标并作为各生态区命名的依据,将山西省小麦划分为三大主要生态区,分别为北部春麦区、中部晚熟冬麦区、南部冬麦区,这与全国小麦生态区在山西境内界线相吻合。

小麦群体叶面积的大小及其持续时间的变化决定小麦光合生产的能力。由于光合生产潜力的计算主要与作物的叶面积有关,叶面积越大,吸收光辐射量的载体面积就越大,有效光辐射量就越大,作物产量就会提高。本文针对各产区的具体气候条件及其他因素,有效地提出了各产区育种优势。

3.1 北部春麦区

3.1.1 气候特点

山西省春麦区的特点是小麦生育期降水稀少、春季播种时与苗期风沙大、中后期升温迅速、后期光热条件好,特别是由于纬度高、海拔高,光热十分充足,昼夜温差很大,十分有利于灌浆期物质的运转储存。

3.1.2 生态特点

以雁北盆地为主,由于当地属沙性土壤,土质偏盐碱,后期氮素供应不足,不利于强筋小麦的形成,故称为中筋春麦区。

表 2 山西小麦生态分区
Table 2 The ecological divisions for wheat
production in Shanxi

类型区	范围	性质	小麦品种
北部春麦区	雁北盆地	中筋春性春麦区,属软质红粒	晋春 9 号、晋春 8 号
中部晚熟冬麦区	晋中盆地 忻定盆地	强中筋冬性晚熟冬麦区,属软质红粒,硬质红粒	晋麦 67 号、晋麦 68 号、晋麦 69 号、京 9428、中优 9507、京 841、中麦 9 号
南部冬麦区	临汾汾河河谷区 运城盆地 晋城盆地 长治盆地	强中筋冬性弱冬性中熟冬麦区,属硬质白粒,软质白粒	晋麦 60 号、晋麦 49 号、晋麦 45 号、晋麦 41 号、晋麦 31 号、晋麦 30 号

3.1.3 育种优势

因地制宜地确定合适的种植密度,保持全生育期尤其是孕穗后期较高的叶面积指数,可以提高产量。叶面积指数(Leaf-Area Index, LAI)有随密度的增大而相应增大的趋势;孕穗期叶面积指数达最大值之后,随着密度的增大,叶面积指数以较快的速度下降。这是由于随着密度增大,小麦株间营养竞争加剧,群体内通风透光不良,叶片衰退的缘故。据高聚林^[3]等的研究,以中密度种植,可使孕穗后期叶面积指数达到最高。因此,采取中密度种植的群体种植方式利于小麦产量的提高。

3.2 中部晚熟冬麦区

3.2.1 气候条件

本区位于山西省中部,以晋中盆地、忻定盆地为主,属温带大陆性干燥气候,其自然特点是常年降水少于南部,仅 450~500 mm,年平均日照 2 300~2 800 h,年平均总辐射 209~293 kJ/cm²。充足的光热资源有利于品质形成,特别是中后期昼夜温差大,一般都在 10℃以上,十分有利于物质的积累与品质的形成。

3.2.2 生态特点

本区生态特点是地形复杂、海拔较高,收获期遇雨季,易引起穗发芽。但该区土层深厚,供肥保肥性好,而且区内湖泊、河流水资源丰富,灌溉条件极好。冬前和春后温度对小麦发育有利,光合生产潜力大,灌浆时日较差大,有利于小麦干物质积累和蛋白质合成。

3.2.3 育种优势

根据杨珍平^[4]等对“晋中晚熟冬麦区不同群体模式小麦光合性能分析”的研究,本区采用提高肥力组成精

播高肥的群体模式,可以达到高产的合理叶面积系数,对提高小麦的光合生产潜力具有重要意义。这是由于采用中密度播种的最高叶面积指数出现在孕穗至抽穗期。精量播种出现在抽穗期,且叶面积上升平缓,而采用高密度播种时,叶面积指数 LAI 从拔节至抽穗都较高;孕穗期最高,易造成群体郁蔽,光能利用率降低,甚至发生倒伏,不利于小麦高产。例如中麦 9 号、京 841 在提高肥力的情况下,最大叶面积指数都比较高,持续稳定时间长,且有机肥力的提高也极大地提高了单株成穗率及穗粒重。因此,在晋中晚熟冬麦区通过提高土壤肥力水平,选用单株光合生产力高的品种以中密度种植,可提高群体光合能力,达到高产。

3.3 南部春麦区

3.3.1 气候条件

南部春麦区以长治盆地、临汾汾河河谷区为主,属暖温带典型大陆性气候,光热资源充沛,降雨少而集中。全年日照时数 2 200~2 800 h,总辐射量 124.8~135.0 kJ/cm²,小麦生育期间平均气温 9℃左右,小麦生育期的降雨量仅为 250 mm 左右。

3.3.2 生态特点

该区生态特点是光照充足、温度日差较大,由于冬季寒冷不强,小麦一般可以带绿越冬并在冬季缓慢地生长,因而不只分蘖成穗率高,而且穗分化开始早,易形成大穗。由于该区土壤粘重、有机质含量较高,小麦子粒颜色为红粒,胚乳质地较硬,粒大、容重高、品质较好,因此晋南麦区不仅是山西省小麦的主产区,也是较为稳定的优质产麦区。

3.3.3 育种优势

本区主要播种的小麦品种有晋麦 60 号、晋麦 49 号、晋麦 45 号、晋麦 41 号,这些品种都是结合当地气候条件和生态区位条件选育的高产品种。本区由于寒冷度不强,小麦带绿越冬后,叶面积开始缓慢增长,拔节之后,营养生长和生殖生长并进,叶面积指数 LAI 迅速增大,直至孕穗期,叶面积指数最大。保持一段相对变化不大的稳定期后,由于群体内个体间营养、光照等竞争加剧,群体内中下部叶片开始衰亡,导致叶面积指数急剧下降直至成熟期。例如晋麦 60 号是具有广泛适应性的、高产的小麦新品种,在高水肥条件下,抗倒高产,在中低产或肥旱地条件下能节水高产。由于本区光照充足,温度日差较大,蛋白含量增加较快,且呼吸损耗低,因此,本区小麦是山西省的小麦主产区。

本文运用 Photoshop 8.0 对山西小麦进行了分区,结果见图 1。

4 讨论

山西省地处黄土高原,海拔较高,光照充沛,气候干燥冷凉,小麦生产应当坚持因地制宜的方针。按照

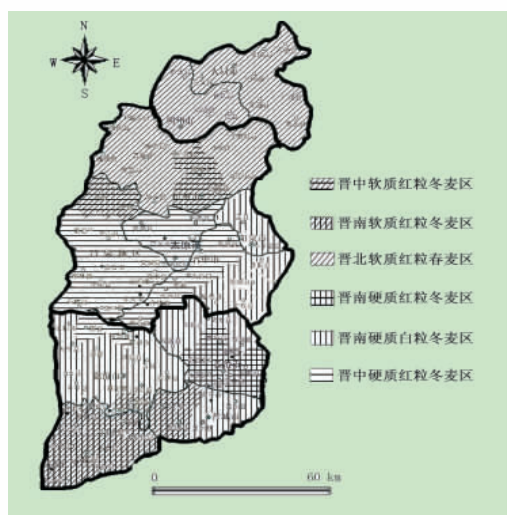


图 1 山西小麦分区图

Fig. 1 Divisions for wheat production in Shanxi

“品种类型与生态区域相配套,地力与品种产量水平相配套,早、中、晚熟品种与适宜播期相配套,水浇条件与品种抗旱性能相配套,高产与优质相配套”的原则^[5],优化生产结构和布局。大多数麦区在子粒形成期有适宜蛋白质昼夜温差较大和利于积累的水分因素的自然优势,是全国优质强中筋、中筋小麦产区之一。因此,发展优质小麦是山西省小麦品质改良的目标。本文从以下几个方面对小麦品质改良提出建议。

4.1 品种

优质品种是优质小麦生产的基础,因此,发展优质小麦就必须有适合本地区生态条件的优质高产的品种。山西省培育出的新品种,例如中麦 9 号、京 841、晋麦 60 号、晋麦 49 号,其生态、生理特性均适合山西的生态条件,表现为品种的生长发育过程与山西的光、温等自然条件的年季变化相吻合,品种的抗冬冻和抗春冻性与对光温反应的不敏感性相结合,产量三要素均衡发展、穗、粒、重互补效应相结合,充分挖掘出农业生产潜力,从而形成单位面积穗数多、每穗粒数多、蛋白质含量高的丰产性品种。

4.2 生态条件

温度、光照、降水及土壤质地等生态因子也是影响小麦品质的重要因素。由于山西省光热资源充足,温差较大,利于小麦光合生产潜力的提高,土壤质地对蛋白质含量的影响随土壤黏重程度而增加,质地黏重,其蛋白质含量较高。

4.3 栽培措施

施肥、灌水、病虫害防治等栽培措施对小麦品质都有重要影响。较高的有机质含量和肥力水平,有利于小麦品质的提高。例如氮素,是栽培措施中对小麦子粒品质影响最活跃的因素,合理增施氮肥,特别是在中后期

适量施氮,对改善小麦品质效果较好。在灌水过程中,水分过多,植物摄取土壤溶液能力下降,导致新陈代谢破坏,小麦品质下降;水分过少,会影响小麦子粒灌浆和淀粉形成,产量下降,但有利于蛋白质含量的提高。另外,合理的播种密度和群体结构也是影响小麦高产的重要因素。对于农田病虫害及杂草,应适时或提早防治。防治的原则是以防为主、防治结合,既要避免田间病虫害杂草影响小麦产量和品质,又应避免不合理使用农药造成土壤和粮食的农药残留而形成药害。

5 结论

近年来,各地对小麦光合生产潜力的研究进入了新的阶段。黄秉维在 1993 年提出光合生产潜力的理论,主要反映作物对太阳辐射能和光能的利用率情况。由于各地土壤状况、水分含量、太阳辐射等自然因子以及各地栽培习惯的不同,小麦产量提高限度仍然很大。本文认为,研究光合生产潜力值,意在从内在机制上揭示小麦生产过程和解析自然地理的各种现象,与此同时,结合当地状况,因地制宜地种植小麦,对其产量的提高及光能利用具有很大的前景,因此在理论和实践上均有重要意义。

参考文献 (References)

- [1] 刘江, 许秀娟. 气象学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 214-215.
LIU Jiang, XUE Xiujuan. Meteorology [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2002: 214-215.
- [2] 徐兆飞, 张惠叶, 张定一. 小麦品质及其改良 [M]. 北京: 气象出版社, 2000.
XU Zhaofei, ZHANG Huiye, ZHANG Dingyi. Quality and improvement of wheat [M]. Beijing: China Meteorological Press, 2002.
- [3] 高聚林, 刘克礼. 不同栽培措施对旱作春小麦叶面积和光合势的影响[J]. 麦类作物学报, 2003, 23(4): 66-70.
GAO Julin, LIU Keli. Effect of different cultivation measures on LAD and LAI of spring wheat in dryland [J]. Journal of Triticeae Crops, 2003, 23(4): 66-70.
- [4] 杨珍平, 周乃健, 苗果园. 晋中晚熟冬麦区不同群体模式小麦光合性能分析[J]. 作物学报, 2004, 30(9): 878-882.
YANG Zhenping, ZHOU Naijian, MIAO Guoyuan. Photosynthetic capacity analysis of different population pattern in winter wheat in Jin-zhong late-maturing winter wheat region [J]. Acta Agonomica Sinica, 2004, 30(9): 878-882.
- [5] 温辉芹, 张立生. 山西省小麦生态布局研究 [J]. 山西农业科学, 2006, 34(1): 3-7.
WEN Huiqin, ZHANG Lisheng. Study on ecological breeding and ecotype variety distribution of wheat in Shanxi Province [J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2006, 34(1): 3-7.

(责任编辑 李慧政)