

麦田潜在光热资源的生产潜力及开发利用

史宏志 王同朝

(河南农业大学 郑州 450002)

摘要 黄淮平原麦田群体结构单一,前期和后期绿色覆盖度较小,潜在光热资源丰富。据估算,河南省各地一般麦田潜在光、热资源量分别为 30.39—32.23 千卡/平方厘米和 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温 819.6—1135.4 $^{\circ}\text{C}$,生产潜力达 950.7—1226.6 公斤/亩。适当改变小麦种植方式,于秋季间作和套种适宜作物,可以显著提高麦田光能利用率和经济效益。

关键词 麦田 光热资源 生产潜力 光能利用率 间套作

黄淮平原是冬小麦的集中产区,小麦播种面积占耕地面积的比例达 70% 以上。但目前大部分麦田呈单一群体结构,麦田从 10 月上旬前后小麦播种到翌年春季起身期长达 4 个多月时间里叶面积和绿色覆盖度较小,田间漏光严重,造成光热资源大量浪费;小麦后期植株衰老,叶面积系数降低,光能利用率也不高,充分开发和利用这部分光热资源对于提高作物光能利用率,增加单位面积农产品输出,发展高产优质高效农业具有重要意义。为此,我们于 1991—1992 年对河南省麦田潜在光热资源及生产潜力进行了估算,并在河南农业大学实验农场进行了增加麦田绿色面积,提高光能利用率的试验研究,以筛选适宜于开发利用麦田潜在光热资源的作物及种植方式。

1 麦田潜在光热资源的估算

河南省地处北纬 $31^{\circ}23'$ — $36^{\circ}22'$,光热资源丰富,冬小麦生育期间,太阳辐射总量约 27×10^6 — 29×10^6 焦耳/平方米, $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温 2000—2500 $^{\circ}\text{C}$ ^[1]。但目前光热资源利用率低,按小麦平均单产 250 公斤计算,小麦生长季节光能利用率约为 0.6%。田间漏光严重是光能利用率不高的一个重要原因。小麦出土后,随着麦苗的生长,叶面积系数(LAI)逐渐增加,因而不同时期,可开发利用的光热资源不同。据测定,亩产 300 公斤小麦的麦田在不同月份的叶面积系数、光能利用率及光热资源潜在系数如表 1,其中光热资源潜在系数用田间漏光面积与土地面积的比值表示。

根据不同地区小麦生育期间的的光热资源总量和麦田潜在光热系数得到河南省各地区可开发利用的潜在光热资源量如表 2。

从表 1 和表 2 可见,麦田潜在光热资源相当丰富,分别达 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温 819.6—1135.4 $^{\circ}\text{C}$ 和 30.39—32.23 千卡/平方厘米,分别占小麦生育期间光热资源总量的 44.9—47.

2%和40.3—45.9%。特别是前期,麦田光合面积很小,作物捕获的光量少,光能利用率很

表1 河南省麦田光热资源的利用潜力*

Tab.1 Potential of utilization of light and heat resources in winter wheat field in Henan Province

| 月份 month | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 全生育期 whole period |
|------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------------------|
| 叶面积系数 LAI | 0.12 | 0.42 | 0.73 | 0.75 | 1.32 | 2.56 | 5.24 | 3.75 | |
| 光能利用率(%) E% | 0.09 | 0.28 | 0.21 | 0.14 | 0.17 | 1.38 | 1.90 | 1.53 | 0.78 |
| 光热潜在系数 Potential coefficient of light and heat | 0.95 | 0.85 | 0.70 | 0.70 | 0.50 | 0.15 | 0.05 | 0.20 | |

* 小麦亩产320公斤,品种为陕农7859,9月25日播种。

表2 河南省麦田潜在光热资源量

Tab.2 Potential heat and light resources in wheat field in Henan Province

| 资源 Resources | 地区 Region | 月份 Month | | | | | | | | 累计 Total | 占全育期 Percentage (%) |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------|-------|------|------|------|------|------|-------|-------------|---------------------------|
| | | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| 积温 $\Sigma T(\geq 0^\circ\text{C})$ Accumulated temperature | 安阳 Auyang | 424.7 | 172.2 | 5.58 | 0.0 | 11.2 | 37.2 | 24.0 | 133.3 | 808.3 | 39.8 |
| | 郑州 Zhengzhou | 437.1 | 192.0 | 32.6 | 0.0 | 25.2 | 37.2 | 21.0 | 126.0 | 876.8 | 40.8 |
| | 偃城 Yancheng | 458.8 | 216.0 | 49.6 | 15.5 | 36.4 | 40.3 | 21.0 | 127.1 | 964.7 | 42.6 |
| | 固始 Gushi | 483.6 | 244.0 | 83.7 | 43.4 | 47.6 | 43.4 | 24.0 | 127.1 | 1101.8 | 44.5 |
| 太阳辐射 Solar radiation (Kcal/cm ²) | 安阳 Auyang | 8.16 | 4.69 | 3.73 | 4.13 | 3.38 | 1.45 | 0.57 | 2.87 | 28.98 | 42.8 |
| | 郑州 Zhengzhou | 8.05 | 5.04 | 4.06 | 4.52 | 3.60 | 1.46 | 0.55 | 2.74 | 30.02 | 43.7 |
| | 偃城 Yancheng | 8.32 | 5.19 | 4.19 | 4.36 | 3.42 | 1.42 | 0.54 | 2.72 | 30.16 | 44.2 |
| | 固始 Gushi | 8.72 | 5.36 | 4.25 | 4.48 | 3.24 | 1.38 | 0.53 | 2.68 | 30.63 | 44.9 |

低,仅为0.1—0.2%,虽然中期月份光能利用率可接近2%,甚至在短期内达到3%,但全生育期总的光能利用率不高,因此,积极开发利用麦田潜在光热资源,使全育期经常保持

较高水平的叶面积指数,可以有效地提高光能利用率和土地生产率。

2 麦田潜在光热资源的生产潜力

根据张青文^[2]等提出的光能生产力的估算模型,麦田潜在光热资源生产潜力可通过下式计算:

$$Y_{pt} = Y_p \cdot f_t$$

式中, Y_{pt} 为光热生产潜力(克/平方厘米); Y_p 为光能生产潜力(克/平方厘米); f_t 为温度订正系数。其中:

$$Y_p = Q\epsilon(1-\alpha)(1-\beta)(1-\gamma)(1-\rho)\phi\lambda^{-1}(1-\theta)^{-1}$$

式中, Q 为太阳总辐射(千卡/平方厘米); ϵ 为太阳生理有效辐射折算系数,取 0.49; α 为反射率,取值为 8%; β 为无效吸收率,取值 10%; γ 为呼吸消耗,取值 30%; ρ 为光饱和限制,计算生产潜力取 0; ϕ 为量子转换效率,取值 0.224; λ 为干物质能量转换率,为 4250 卡/克; θ 为无机养分比率,一般为 8%。

$$f_t = 4.301 \times 10^{-2}t - 5.771 \times 10^{-4}t^2$$

式中, t 为月平均温度。将数据代入上述公式计算得到河南省不同地区麦田潜在光热资源的生产潜力,见表 3。可见,麦田潜在光热资源具有很大的生产潜力,而且随着纬度的降低光热生产潜力逐渐增大。

表 3 麦田潜在光热资源的生产潜力

Tab. 3 Potential productivity of light and heat resources in wheat field

| 地 区 region | 安 阳 Auyang | 郑 州 Zhengzhou | 偃 城 Yancheng | 固 始 Gushi |
|-----------------------------------------------------|---------------|------------------|-----------------|--------------|
| 生产潜力 Potential productivity g/cm ² | 0.1426 | 0.1650 | 0.1735 | 0.1839 |
| 生物产量 biological yield (kg/mu) | 950.7 | 1100.0 | 1156.7 | 1226.0 |

3 麦田潜在光热资源的开发和利用

为了充分利用麦田潜在光热资源,我们于 1992 年进行了麦田间作套种试验研究。适当改变小麦的种植方式,将小麦行间行距由 22 厘米增加到 26 厘米,行间行距由 20 厘米减少到 18 厘米,小麦密度不减少,然后根据不同作物的生态习性,分别选择菠菜、洋葱、大蒜、豌豆、蚕豆、油菜于秋季种植在小麦行间宽行与小麦间作,并在小麦生育后期套种玉米、花生、棉花夏播作物。试验地面积 300 平方米,地力中等偏上,土质为轻壤。试验共设 6 种间套作方式,以单作小麦为对照,重复三次。小区面积 11.2 平方米,每小区播种三穗小麦,行间宽行间(套)种一行相应作物。小麦采用半冬性品种陕农 7859,9 月 25 日播种,每亩播量 7 公斤,菠菜(圆叶菠菜)10 月 1 日播种,3 月 1 日收获,播量每亩 1.5 公斤,株距 3 厘米;洋葱(红皮葱)于 10 月 5 日 3 片真叶期移栽,5 月 10 日收获,株距 12 厘米;大蒜品种为宋城大蒜,9 月 25 日播种,5 月 15 日收获,株距 17 厘米;豌豆品种为百日老,10 月 25

日播种,5月20日收获,株距7厘米,蚕豆品种为大青扁,10月1日播种,5月20日收获,株距18厘米;油菜品种为豫油2号,10月10日4片真叶期移栽,5月20日收获,株距15厘米。各作物田间管理同一般大田。在整个小麦生育期间,每月中旬对各处理进行群体叶面积测定,收获期分作物测定生物产量和经济产量,然后对不同间套作方式的平均叶面积指数、叶日积、光能利用率及经济效益进行比较分析,结果见表4、5。

表 4 麦田不同间套作方式的叶面积指数及光能利用率

Tab. 4 Leaf area index and utilization efficiency of solar energy in different intercropping wheat field

| 处 理 Treatment | 平均叶面积指数 $\overline{\text{LAI}}$ | 叶日积 $\overline{\text{LAI}} \cdot D$ | 植株干重 DW(Kg/mu) | 光能利用率 E% |
|------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------|-------------------|-------------|
| 小麦单作 Wheat solely | 1.76 | 427.7 | 817.5 | 0.79 |
| 小麦/菠菜//玉米 Wheat/spinach//corn | 2.08 | 505.4 | 1051.9 | 1.02 |
| 小麦/豌豆//玉米 Wheat/pea//corn | 2.36 | 573.5 | 1231.0 | 1.20 |
| 小麦/蚕豆//玉米 Wheat/broadbean//corn | 2.43 | 597.8 | 1252.9 | 1.22 |
| 小麦/油菜//棉花 Wheat/rape//cotton | 2.05 | 498.2 | 931.3 | 0.90 |
| 小麦/大蒜//花生 Wheat/garlic//peanut | 2.19 | 532.7 | 1178.5 | 1.14 |
| 小麦/洋葱//花生 Wheat/onion//peanut | 2.16 | 524.9 | 1105.2 | 1.17 |

结果表明,麦田采用不同形式间作套种模式,可显著增加麦田绿色覆盖度,麦田全生育期平均叶面积指数比小麦单作增加16.5—38.1%,叶日积增加18.2—39.8%,其中以小麦间作蚕豆套种玉米方式增长幅度最大。由于麦田光合面积增加,减少了麦田漏光损失,群体干物质积累增多,光能利用率明显提高,其增加幅度为13.9—54.4%。产量结果表明,6种间套作方式,除小麦油菜间作对小麦产量影响较大(减产11.8%)外,其它处理小麦产量与单作小麦相比持平或略有减少,但增收一季作物,并有利于秋季作物增产,因此,亩产值显著增加,其增值幅度为44.9—203.2%。其中以间作大蒜套种花生和间作洋葱套种花生两种方式效益最高。这两种方式虽然干物质总量低于间作蚕豆套种玉米和间作豌豆套种玉米方式,但由于其收获指数和经济价值较高,因此经济产量和经济效益很高。总之,根据各地生态、生产条件,采用适宜的间套作形式,选用合适的作物和品种,采用配套的栽培技术措施,可以充分利用麦田潜在光热资源,挖掘麦田生产潜力,提高光能利用率和土地生产率,增产增收。

