

谷豆分带种植对谷子生理过程的影响*

古世禄 郭志利

(山西省农业科学院作物遗传研究所 太原 030031)

摘 要 古世禄,郭志利. 谷豆分带种植对谷子生理过程的影响. 生态农业研究, 1996, 4(4): 26~30.

谷豆分带种植,能改变田间小气候,使气温升高,光照增强,CO₂浓度增大,从而引起谷子体内一系列生理变化,扩大了绿叶面积,减小了气孔阻力,有利于光合作用和蒸腾作用的进行;促进了呼吸作用,加强了根系活性,提高了植株对光能和水的利用率;增加了体内干物质积累量,加速了物质向穗部运转,提高了收获指数,因而能高产高效。

关键词 谷子 大豆 分带种植 生理过程

Abstract Gu Shilu and Guo Zhili(Institute of Crop Genetics, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030031): Effects of alternate strip planting millet and soybean on the physiological processes of foxtail millet, *EAR*, 1996, 4(4): 26~30.

By alternate strip planting millet with soybean, the microclimate in the field such as the air temperature, luminosity and CO₂ density is improved which promote the growth and physiological reaction of the foxtail millet. The results are that: leaves area of the millet are increased, stomatal resistance decreased, photosynthesis, transpiration and respiration are all improved, dry matter accumulated is increased and matter transformed to spike is quickened, the harvest index and water and light utilization efficiency are increased, higher yield and higher benefits are achieved.

Key words Foxtail millet, Soybean, Alternate strip planting, Physiological processes

谷豆分带种植是最近研究的一种立体种植新模式。查近20多年的文献,国内外尚无系统报导。本试验谷豆分带种植,谷子能显著增产,大豆不减产或减产不多,结果谷豆总产量比当地传统栽培的对照增产28.8%,增值48.9%,比谷豆单作平均增产24.0%,增值17.6%,土地当量比率平均达到1.16。谷豆分带种植效果及技术见参考文献^[1-2],本文论述了分带种植对谷子生理过程影响的试验结果,探讨了分带种植高产高效的生理实质。

1 试验方法

试验设在山西省寿阳旱农试验区,以忻谷17号和8479谷子以及晋豆11号和中黄2号大豆为材料,1992~1993年在范村进行,1994年在宗艾村进行。谷子和大豆处理按1:1的比例分带种植,条带宽3.2m,谷豆各种6行,以单作谷子为对照进行比较。栽培管理方

* “八五”国家科技攻关项目部分内容。

本文于1995年9月11日收到,1995年11月12日改回。

法同前文^[2]。

生理测定,除叶面积、干物质外,在抽穗后用红外线 CO₂ 气体分析仪测定光合速率、呼吸强度和田间 CO₂ 浓度,用 LI-1600 型稳态气孔计测定气孔阻力、蒸腾强度,用重量法测定根系伤流量,对获得的数据进行统计分析。

2 试验结果

2.1 分带种植对田间小气候的影响

分带种植,田间群体结构相应改变,谷高豆矮,光照分布不均匀,谷子受光情况良好。植株上方入射光强 80.84klx,行间中部光强 55.93klx,比对照高 2444lx。高度平均每降低 1cm,光强减少 386.81lx,而对照则要减弱 427.7lx,直至植株下部光强只有分带种植的 44.7%。由于谷高豆矮,田间受热不均,行间温度 32.2℃,比对照高 0.4℃,叶温 32.5℃,比对照高 0.8℃,从而引起田间空气小尺度旋涡状运动和株间乱流扩散^[3],导致 CO₂ 浓度的变化。当时大气 CO₂ 浓度为 303mg/kg,分带种植谷子行间 CO₂ 浓度是 301mg/kg,而对照仅 298mg/kg。

2.2 分带种植对谷子根系伤流和叶面蒸腾的影响

根系是植物代谢方面最活跃的器官之一,对地上部生长有强烈影响。伤流是近地面切断茎秆,从横切面流出的汁液。伤流液越多,说明根系活性越强。表 1 指出,分带种植的谷子,根系伤流量比对照多 22.3%,F 值检验达到差异显著水平。说明其根系的吸收、合成能力较强,供给地上部的营养物质较多,特别是蛋白质、核酸及维生素等,对地上部有特殊

表 1 分带种植对谷子根系伤流和叶面蒸腾的影响 *

Tab. 1 Effects of alternate strip planting on millet root bleaching sap and leaf transpiration

处 理 Treatments	根系伤流量(mg/h·株) Root bleaching sap	蒸腾强度(μg/cm ² ·s) Transpiration rate
谷豆分带种植 Alternate strip planting millet and soybean	5.64±2.53	17.52±2.14
对 照 Control	4.61±2.31	14.81±1.39
F 值 Increase	1.96 **	2.596 **

* 根系伤流量 1994 年 8 月 5 日测定,蒸腾强度 1994 年 8 月 17 日测定。

** 表示 F 值差异显著。

蒸腾作用是根系吸收的水分通过叶片气孔溢泌到大气中去的过程。蒸腾作用强则体内外水分交换快,能提高水分的有效性。由表 1 可知,分带种植的谷子叶片蒸腾强度比对照大 18.3%,差异显著。说明在此情况下谷子吸收的水分较多,体内生理代谢过程旺盛。

2.3 分带种植对谷子光合作用的影响

谷豆分带种植,不仅对谷子地上部生长发育有良好的促进作用,2 年平均株高比对照高 1.5cm,而且对谷子的光合性状也有明显的改善。如表 2 所示,2 年平均叶面积比对照扩大 38.0%,光合速率比对照提高 32.8%。方差分析, $F=6.05$, $P>0.05$, 达到差异显著水平。其原因,一是他处的环境条件,光照、温度、CO₂ 等因素都比较优越;二是分带种植的谷子,叶片气孔张开度大,阻力较小,如表 2 所示,气孔阻力比对照小 13.1%,CO₂ 气体比较容易进入叶肉细胞。因此,分带种植的谷子,光能利用率较高,2 年平均为 0.33%,比对照高 34.7%。据测定,分带种植的呼吸强度为 $2.712\pm0.194\mu\text{gCO}_2/\text{g}\cdot\text{h}$,对照仅为 2.578

$\pm 0.409 \mu\text{gCO}_2/\text{g} \cdot \text{h}$, 表明分带种植后, 谷子的呼吸作用比较旺盛, 释放的能量较多, 为其生长发育提供较强的能量基础。扣除呼吸消耗后, 分带种植的谷子, 净同化率比对照高 78.7% (见表 2), 因此, 他的干物质生产量显著优于对照。

表 2 分带种植对谷子光合性状的影响 *

Tab. 2 Effects of alternate strip planting on photosynthesis of millet

处 理 Treatments	叶面积($\text{cm}^2/\text{株}$) Leaf area	气孔阻力(s/cm) Stomatal resistance	光合速率($\text{mgCO}_2/\text{dm}^2 \cdot \text{h}$) Rate of photosynthesis	净同化率($\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$) Net assimilation
谷豆分带种植 Alternate strip planting millet and soybean	782.8	1.415 ± 0.286	42.21 ± 7.40	1.34 ± 0.08
对 照 Control	567.1	1.628 ± 0.199	31.79 ± 3.20	0.75 ± 0.56
相 差 Differene	215.3	-0.213	10.42	0.59

* 光合速率 1994 年 8 月 17 日测定, 光照 70.03klx , 温度 32.3°C , 相对湿度 27.4%, CO_2 浓度 $303 \text{mg}/\text{kg}$ 。净同化率 1992 年 8 月 23 日~9 月 3 日测定。

2.4 分带种植对谷子干物质积累与运转的影响

表 3 分带种植对谷子地上部干物重的影响

Tab. 3 Effects of alternate strip planting on above-ground biomass of millet

处 理 Treatments	营养体重($\text{g}/\text{株}$) Weight of vegetative mass	穗 重($\text{g}/\text{株}$) Ear weight	干物质总重($\text{g}/\text{株}$) Total biomass
1992 年(范村)			
谷豆分带种植 Alternate strip planting millet and soybean	9.89 ± 0.9	1.82 ± 0.06	11.71 ± 0.96
对 照 Control	8.46 ± 2.13	1.54 ± 0.60	10.00 ± 2.70
1994 年(宗艾村)			
谷豆分带种植 Alternate strip planting millet and soybean	29.24 ± 7.29	23.86 ± 5.11	53.10 ± 11.44
对 照 Control	22.08 ± 2.42	14.47 ± 1.77	36.55 ± 4.14
F 值 F value	9.43 *	36.23 **	21.16 **

* 表示差异显著, ** 表示差异极显著。

表 3 表明, 谷豆分带种植的谷子地上部干物质总重, 1992 年在范村试验, 比对照高 17.1%, 1994 年在宗艾村试验, 比对照增加 45.3%, 特别是穗重, 两地分别比对照高出 18.3% 和 64.9%。对 1994 年资料进行方差分析, 差异均达到极显著水平。

从干物质在各器官的分配来看, 分带种植的谷子向穗部分配的比率较高, 占全株的 41.6%, 比对照多 5.5 个百分点。其他器官, 茎占 25.6%, 叶片占 16.5%, 叶鞘占 8.81%, 根占 7.5%, 分别比对照降低 1.1、1.6、1.5 和 1.3 个百分点, 表明其体内物质运转速度较快, 穗重增长率和收获指数也证实了这一点。表 4 表明, 2 年平均, 分带种植的穗重增长率比对照大 84.8%, 最后的收获指数比对照高 11.1%, 因而能高产高效。

表4 分带种植对谷子穗重增长率和收获指数的影响

Tab. 4 Effects of alternate strip planting on the rate of ear weight increase and harvest index of millet

处 理 Treatments	穗重增长速率(g/穗·d) Increasing rate of ear weight			收获指数 Harvest index		
	1992年 In 1992	1994年 In 1994	平 均 Ave.	1992年 In 1992	1994年 In 1994	平 均 Ave.
谷豆分带种植						
Alternate strip planting millet and soybean	0.363	0.2154	0.2892	0.495	0.546	0.521
对 照						
Control	0.186	0.1271	0.1565	0.465	0.473	0.469
相 差						
Difference	0.177	0.0883	0.1327	0.030	0.073	0.052

2.5 分带种植对谷子水分利用率的影响

从农学而言,作物每消耗1mm降水生产的粮食越多水分利用率越高。分带种植的谷子在生育期间每消耗1mm降水,0.067hm²生产谷子0.62~0.85kg,比对照多0.11~0.19kg,水分利用率提高21.6%~28.8%。但这不能完全反映谷子生理上的水分利用率,因为耗水中包括叶面蒸腾和棵间蒸发两部分,谷子的叶面蒸腾仅占其63.9%。为了更确切地从生理上表明水分利用率的变化,我们采用了蒸腾作用每消耗1g水分,光合作用所固定的CO₂数量来表示(见表5)。分带种植的谷子通过蒸腾每消耗1g水分,光合作用

表5 分带种植对谷子水分利用率的影响

Tab. 5 Effects of alternate strip planting on millet WUE

处 理 Treatments	蒸腾耗水量(gH ₂ O/dm ² ·h) Water consumption by transpiration	光合固定CO ₂ 量(mgCO ₂ /dm ² ·h) Fixed CO ₂ quantity by photosynthesis	水分利用率(mgCO ₂ /gH ₂ O) WUE
谷豆分带种植			
Alternate strip planting millet and soybean	6.3072	42.21	6.6924
对 照			
Control	5.3316	31.79	5.9626

固定CO₂的数量比对照多0.7298mg,水分利用率提高12.2%。说明在这种情况下,谷子体内生理过程相互协调,能有效地利用水分。

3 讨 论

由图1可见,在分带种植条件下,影响谷子高产高效的主要因素,一是干物质积累量,包括糖和淀粉的合成与积累;二是收获指数(经济系数)。干物质积累量与叶面积、光合势、光合能力、呼吸作用、净同化率和根系活力等密切联系。收获指数与体内物质运转、结实率、成粒数等有关。叶面积大则光合量大,形成的有机物质多,因而能高产高效。谷子最大的叶面积指数在5以下时,叶面积与产量呈线性关系, $y=69.15x-23.45$ 。以群体叶面积的工作日数为内容的光合势,其值越大,光合时间越长,积累的有机物质就越多。同时,叶面积与蒸腾作用、光合能力相联系,能提高水分利用率和光能利用率。在分带种植条件下,由于群体结构和大气环境的变化,光照强、温度高,谷子生长良好,叶面积大,光合时间长,因此,积累的干物量就大;光合能力强,利用光能的效率高,干物质积累量可能大,这与呼吸作用相联系,呼吸强度大,释放的能量大,为生长过程顺利进行提供能量基础。但呼吸也消耗一部分有机物质,因此,干物质积累量又与净同化率密切相关。在分带种植条件下,

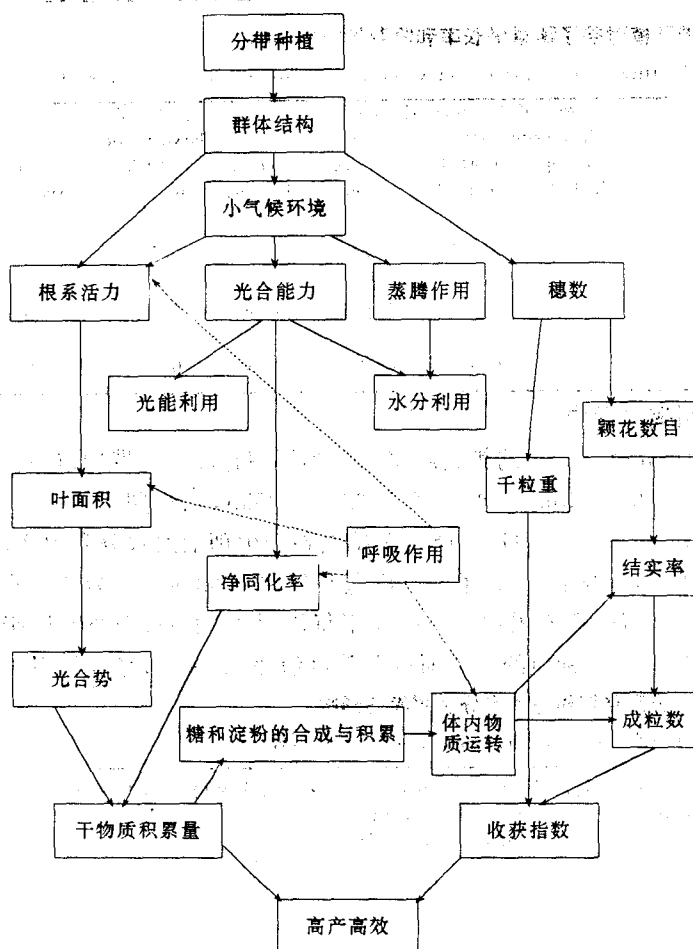


图1 谷豆分带种植条件下影响谷子高产高效的生理生态因素图解

Fig. 1 Diagram of physiological and ecological factors affecting millet growth under the alternate strip planting millet and soybean condition

数,从而提高其收获指数。

通过以上分析,明确了在分带种植条件下,植株体内各种生理因素以及生态因素,既是相互制约,又是相互统一,最终表现在高产高效的高低上。在实施分带种植时,要根据这些关系,通过作物种类及其品种的搭配,条带宽度的确定,种植比例的选择等,调节田间小气候环境的变化,控制作物的生长,提高其光合效率,增加干物质积累量,加快体内物质的运转,达到高产高效的目的。

参 考 文 献

- 1 古世禄. 谷子高产优质高效技术的研究与开发. 中国北方旱地农业综合发展与对策, 北京: 中国农业科技出版社, 1994.
- 2 古世禄, 郭志利. 谷子高产高效栽培技术效应的研究. 生态农业研究, 1994, 2(2): 52~57.
- 3 冯世义. 浅谈分带间套作三熟制通风与二氧化碳的关系. 耕作与栽培, 1984, (5): 70.
- 4 A. JI. 库尔萨诺夫. 植物生理过程的相互关系, 北京: 科学出版社, 1962.

谷子的光合能力强, 净同化率也高, 干物质积累量必然大; 根系活力与地上部其他生理过程密切相关。根系活力强, 叶片寿命长, 光合能力高, 干物质积累量也相应增大, 与高产高效息息相关。根系伤流量大, 则植株干物重大, 结实率高, 成粒数多, 产量高。分带种植的谷子, 根系伤流量大, 因此, 也是影响干物质积累的一个重要因素; 干物质积累量, 一方面是高产高效的物质基础, 一方面通过体内物质运转, 提高结实率, 增加成粒数来提高其收获指数。谷子的收获指数较低, 表明体内物质运转的能力较差。这也是谷子高产高效的一个限制因素。在分带种植情况下, 不仅能提高其干物质积累量, 也能促进体内物质迅速向穗部运转, 提高结实率, 增加成粒