

高粱杂交种吉杂319及其亲本叶片光合相关参数的比较

赵仁杰¹, 周紫阳^{2*}

(1. 吉林农业大学, 长春 130118; 2. 吉林省农业科学院, 长春 130033)

摘要:以高粱杂交种吉杂319及其母本不育系515A和父本恢复系501R为材料,在相同的环境条件下种植,于开花期用Li-6400型光合参数测定系统测定叶片净光合速率(Pn)、气孔导度(Gs)、胞间CO₂浓度(Ci)、蒸腾速率(Tr),计算水分利用效率(WUE)和表观叶肉导度(AMC),分析吉杂319及其亲本叶片光合相关参数差异。结果表明:杂交种吉杂319叶片Pn、Gs、WUE和AMC显著高于其母本不育系515A和父本恢复系501R,比其双亲叶片Pn、Gs、WUE和AMC分别高7.88%、10.11%、8.93%和18.05%,差异显著($P < 0.05$)。吉杂319叶片Pn、Gs、WUE和AMC有显著的杂种优势,Ci显著低于其母本不育系515A和父本恢复系501R,Tr与其亲本间差异不显著。高粱杂交种吉杂319叶片光合相关参数有显著的杂种优势,其光合代谢能力显著高于其亲本,这为其获得高产奠定了生理基础。

关键词:高粱;净光合速率;气孔导度;蒸腾速率;水分利用效率

中图分类号:S514

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2020)02-0009-04

Comparison of Photosynthetic Parameters of Sorghum Hybrid Jiza 319 and Its Parents

ZHAO Renjie¹, ZHOU Ziyang^{2*}

(1. Jilin Agricultural University, Changchun 130118; 2. Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: The sorghum hybrid Jiza 319 with its female sterile line 515A and its male restorer line 501R were used as test materials planted under the same environmental conditions. At the flowering stage, Pn, Gs, Ci, Tr of leaves were measured by Li-6400 photosynthetic parameter measurement system, and WUE and AMC were calculated. The difference of photosynthetic parameters between Jiza 319 and its parents was analyzed. The results showed that Pn, Gs, WUE and AMC in leaves of hybrid Jiza 319 were significantly higher than those of its female sterile line 515A and its male restorer line 501R, and were 7.88%, 10.11%, 8.93%, 18.05% higher than that of their parents, respectively ($P < 0.05$). Pn, Gs, WUE and AMC in leaves of Jiza 319 had significant heterosis. Ci was significantly lower than that of its female sterile line 515A and male restorer line 501R, while Tr in leaves of hybrid Jiza 319 was not significantly different from that of its parents. The results showed that the photosynthetic parameters of sorghum hybrid Jiza 319 had significant heterosis, and its photosynthetic metabolic capacity was significantly higher than that of its parents, which laid a physiological foundation for its high yield.

Key words: Sorghum; Pn; Gs; Tr; WUE

高粱(*Sorghum bicolor* (L.) Moench)是禾本科草本一年生C₄植物,具有较高的光合效率,在作物生物学产量形成中有90%~95%是由光合形成的同化物质转运的,剩余5%~10%是由根系吸收

合成的营养成分提供的^[1]。诸多学者研究认为,叶片的光合作用受植株的形态^[2]、环境因素以及栽培条件^[3-5]影响,与遗传型也有关系^[6-9]。Henderson^[10]和Peng^[11-12]等研究表明,高粱的不同品系之间叶片净光合速率存在显著差异,并与光合相关参数密切相关。Fernandez等^[13]研究认为,高粱叶片净光合速率的差异主要来源于基因型的差异。高粱属于“三系”杂种优势非常显著的作物,但有关高粱杂交种及其亲本叶片光合相关参数的比较

收稿日期:2019-10-23

基金项目:科技部重点研发项目(2019YFD1001700);吉林省农业科学院创新工程项目(CXGC2017TD015)

作者简介:赵仁杰(1993-),男,在读硕士,从事高粱生物学研究。

通讯作者:周紫阳,男,博士,研究员,E-mail: ziyang_z@163.com

研究尚未见报道。本文比较分析了吉杂319及其母本不育系515A和父本恢复系501R叶片净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、胞间 CO_2 浓度(C_i)、蒸腾速率(T_r)等光合相关参数差异,以期为高粱品种选育和高产栽培提供一定理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料

供试的高粱杂交种吉杂319及其母本不育系515A,父本恢复系501R,由吉林省农科院作物资源研究所提供。

1.2 方法

1.2.1 试验设计

试验于2019年在吉林省农业科学院公主岭院区高粱种质创新试验基地进行,田间试验采用随机区组设计,6行区,行距0.65 m,行长5 m,重复3次,小区面积19.5 m²。5月10日播种,于5叶期定苗,保苗密度是每公顷12万株,常规田间管理。

1.2.2 测定方法

于开花期选择晴天,取上数第3片叶,用Li-6400型光合测定系统,设光照强度1700 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$,测定叶片的净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)和蒸腾速率(T_r),每小区测定3株,每株测3枚叶片,取其平均值。

水分利用效率(WUE)用公式 $WUE = P_n / T_r$ 求得^[14],其中, T_r 和 P_n 分别是同一叶片的蒸腾速率和净光合速率均值。

表观叶肉导度用公式 $AMC = P_n / C_i$ 求得^[15],其中, C_i 和 P_n 分别是同一叶片的胞间 CO_2 浓度和净光合速率均值。

1.3 数据分析

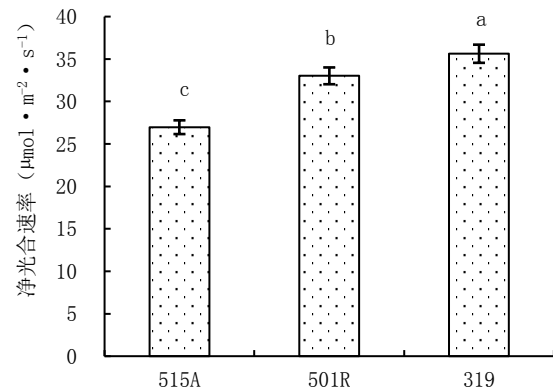
用Excel 2010进行数据处理,用DPS软件^[16]进行方差分析,显著性检验采用LSR法。

2 结果与分析

2.1 叶片净光合速率的比较

从图1可知,吉杂319与母本不育系515A和父本恢复系501R叶片净光合速率有显著差异,表现为吉杂319>父本501R>母本515A,吉杂319叶片净光合速率比其母本不育系515A和父本恢复系501R分别高32.08%和7.88%,差异显著($P < 0.05$);吉杂319叶片净光合速率比其双亲叶片净光合速率平均值高18.76%,差异显著($P < 0.05$)。吉杂319叶片净光合速率表现出具有超高亲杂种优势,说明其叶片具有较高的光合物质合成能

力,这为其产量形成奠定了物质基础。



注:小写字母不同表示0.05水平差异显著,下同

图1 吉杂319及其亲本叶片净光合速率的比较

2.2 叶片气孔导度的比较

由图2可知,吉杂319与其母本不育系515A和父本恢复系501R叶片气孔导度有显著差异,吉杂319叶片气孔导度比其母本不育系515A和父本恢复系501R分别高10.11%和10.74%,差异显著($P < 0.05$);吉杂319叶片气孔导度比其双亲叶片气孔导度平均值高10.42%,差异显著($P < 0.05$)。吉杂319叶片气孔导度也表现出超亲的杂种优势,净光合速率与气孔导度有着较密切的关系,气孔导度较高有利于环境中的 CO_2 进入叶片,从而有效保障光合作用对 CO_2 的需求。

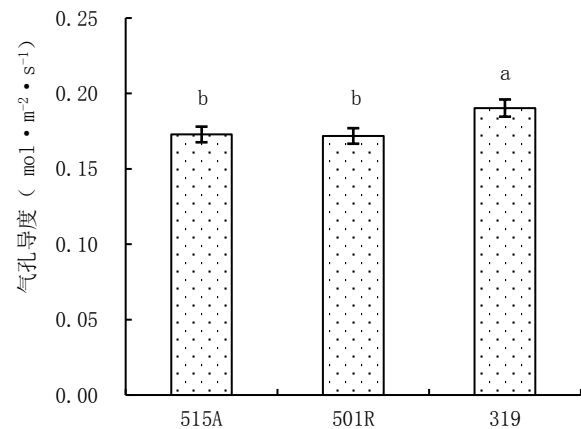


图2 吉杂319及其亲本叶片气孔导度的比较

2.3 叶片胞间 CO_2 浓度的比较

图3表明,吉杂319与其母本不育系515A和父本恢复系501R叶片胞间 CO_2 浓度存在较大差异,吉杂319叶片胞间 CO_2 浓度比其母本不育系515A和父本恢复系501R分别低28.91%和8.61%,差异显著($P < 0.05$);吉杂319叶片胞间 CO_2 浓度比其双亲叶片胞间 CO_2 浓度平均值低20.03%,差异显著($P < 0.05$)。吉杂319叶片胞间

CO₂浓度显著低于其亲本,说明其较强的光合作用消耗较多的CO₂。

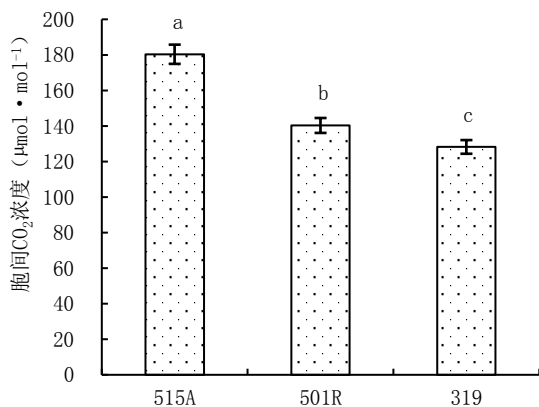


图3 吉杂319及其亲本叶片胞间CO₂浓度的比较

2.4 叶片蒸腾速率的比较

从图4可看出,吉杂319与其母本不育系515A和父本恢复系501R叶片蒸腾速率没有明显差异,说明吉杂319叶片蒸腾速率没有表现出杂种优势特征。

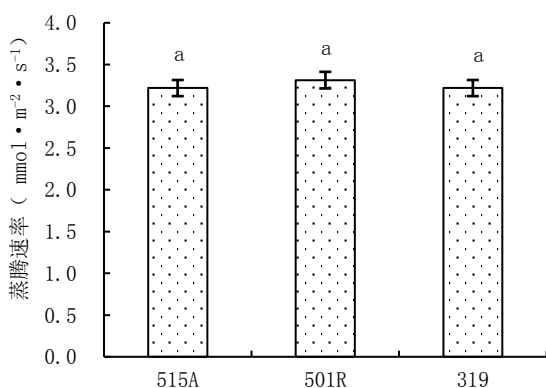


图4 吉杂319及其亲本叶片蒸腾速率的比较

2.5 水分利用效率的比较

由图5可知,吉杂319与其母本不育系515A和父本恢复系501R叶片水分利用效率有显著差异,表现为吉杂319>父本>母本,吉杂319叶片水分利用效率比其母本不育系515A和父本恢复系501R分别高29.55%和8.93%,差异显著($P<0.05$);吉杂319叶片水分利用效率比其双亲叶片水分利用效率平均值高18.35%,差异显著($P<0.05$);父本恢复系501R比母本不育系515A的水分利用效率高18.93%,差异显著($P<0.05$)。吉杂319叶片水分利用效率表现出具有超高亲杂种优势,说明其叶片具有较高的水分利用能力,这为其光合物质积累及产量的形成奠定了物质基础。

2.6 叶片表观叶肉导度的比较

从图6可发现,吉杂319与其母本不育系

515A和父本恢复系501R叶片表观叶肉导度有显著差异,表现为吉杂319>父本>母本,吉杂319叶片表观叶肉导度比其母本不育系515A和父本恢复系501R分别高85.79%和18.05%,差异显著($P<0.05$);吉杂319叶片表观叶肉导度比其双亲叶片表观叶肉导度平均值高44.37%,差异显著($P<0.05$);父本恢复系501R比母本不育系515A的表观叶肉导度高57.46%,差异显著($P<0.05$)。吉杂319叶片表观叶肉导度表现出具有超高亲杂种优势,说明其叶片具有较高的光合酶活性,为其光合物质积累及产量的形成奠定了物质基础。

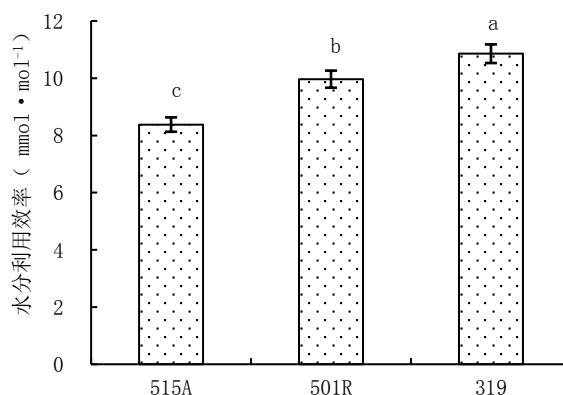


图5 吉杂319及其亲本叶片水分利用效率的比较

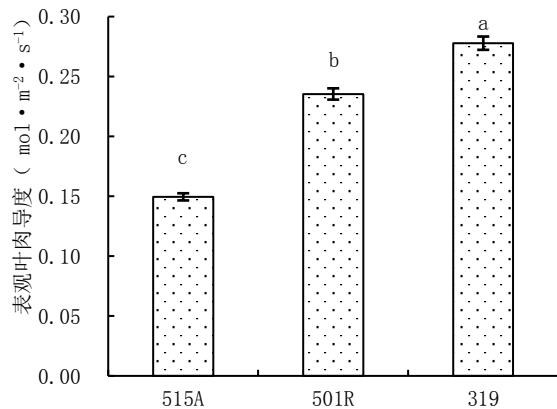


图6 吉杂319及其亲本叶片表观叶肉导度的变化比较

3 讨论与结论

作物生长和发育以及形成籽粒产量的主要物质来源是叶片光合同化作用,籽粒中糖类物质约有60%源自叶片光合同化产物的运转^[17]。所以,增加作物籽粒产量的重要途径之一就是通过改善作物的光合能力和效率去实现^[18]。有研究认为,作物较高的光合效率是常常与高产性状相关的,而且光合效率能够稳定遗传^[19-20]。因此,可应用光合速率这一指标来筛选优良品种^[21]。Balota^[22]、Henderson^[10]和张一中^[23]等研究表明,高粱种质资

源的净光合速率等光合性状差异极显著。

本研究结果表明,杂交种吉杂319叶片净光合速率、气孔导度、水分利用效率和表观叶肉导度显著高于其母本不育系515A和父本恢复系501R,具有显著的杂种优势;叶片胞间CO₂浓度显著低于其母本不育系515A和父本恢复系501R;叶片蒸腾速率与其亲本间差异不显著。杂交种吉杂319叶片光合代谢能力显著高于其双亲,为其获得高产奠定了生理基础。

参考文献:

- [1] 张治安,陈展宇.植物生理学[M].长春:吉林大学出版社,2009:174-175.
- [2] 宋丽清,胡春梅,侯喜林,等.高粱、紫苏叶脉密度与光合特性的关系[J].植物学报,2015,50(1):100-106.
- [3] Testa G, Reyneri A, Blandino M. Maize grain yield enhancement through high plant density cultivation with different inter-row and intra-row spacings[J]. European Journal of Agronomy, 2016, 72: 28-37.
- [4] Yao H, Zhang Y, Yi X, et al. Cotton responds to different plant population densities by adjusting specific leaf area to optimize canopy photosynthetic use efficiency of light and nitrogen[J]. Field Crops Research, 2016, 188: 10-16.
- [5] 段有厚,卢峰,张飞,等.矮秆高粱光合物质生产及产量对种植密度的响应[J].江苏农业科学,2019,47(9):131-133.
- [6] Jiao D, Huang X, Li X, et al. Photosynthetic characteristics and tolerance to photo-oxidation of transgenic rice expressing C₄ photosynthesis enzymes[J]. Photosynthesis Research, 2002, 72(1): 85-93.
- [7] 郑殿君,张治安,姜丽艳,等.不同产量水平大豆叶片净光合速率的比较[J].东北农业大学学报,2010,41(9):1-5.
- [8] 高海燕,程庆军,田承华,等.高粱净光合速率的遗传分析[J].农学学报,2019,9(1):11-15.
- [9] 周紫阳,黄瑞冬.不同籽粒淀粉含量高粱花后叶片光合指标的比较[J].东北农业大学学报,2011,42(4):52-56.
- [10] Henderson S, Caemmerer S V, Farquhar G D, et al. Correlation between carbon isotope discrimination and transpiration efficiency in lines of the C₄ species Sorghum bicolor in the glasshouse and the field[J]. Australian Journal of Plant Physiology, 1998, 25(1): 111-123.
- [11] Peng S, Krieg D R. Gas Exchange Traits and Their Relationship to Water Use Efficiency of Grain Sorghum[J]. Crop Science, 1992, 32(2): 386-391.
- [12] Peng S, Krieg D R, Girma F S. Leaf photosynthetic rate is correlated with biomass and grain production in grain sorghum lines[J]. Photosynthesis Research, 1991, 28(1): 1-7.
- [13] Fernandez M G S, Strand K, Hamblin M T, et al. Genetic analysis and phenotypic characterization of leaf photosynthetic capacity in a sorghum (Sorghum spp.) diversity panel[J]. Genetic Resources & Crop Evolution, 2015, 62(6): 939-950.
- [14] 张治安,陈展宇.植物生理学实验技术[M].长春:吉林大学出版社,2006:43-73.
- [15] 李晨曦,何章,许永华,等.不同遮荫棚下农田人参叶片光合特性的生育期变化[J].吉林农业大学学报,2017,39(1):32-37,48.
- [16] 唐启义,冯明光.实用统计分析及其DPS数据处理系统[M].北京:科学出版社,2002:256-259.
- [17] 孙婴婴,韩霁昌,张岁岐,等.陕西省不同年代旱地冬小麦光合与产量特征变化及其相互关系研究[J].麦类作物学报,2016,36(3):308-315.
- [18] 许大全.光合作用学[M].北京:科学出版社,2013:403-406.
- [19] 胡美君,王义芹,张亮,等.不同基因型小麦及其优选杂交后代的光合作用特性[J].作物学报,2007,33(11):1879-1883.
- [20] Nagamine T. Genetic analysis of photosynthetic capacity of single leaf analyzed by oxygen polarography in rice, *Oryza sativa* L. [J]. Japanese Journal of Breeding, 1991, 41(2): 301-307.
- [21] 许大全.光合作用效率[M].上海:上海科学技术出版社,2002:163-167.
- [22] Balota M, Payne W A, Rooney W, et al. Gas exchange and transpiration ratio in sorghum[J]. Crop Science, 2008, 48(6): 2361-2371.
- [23] 张一中,周福平,张晓娟,等.高粱种质材料光合特性和水分利用效率鉴定及聚类分析[J].作物杂志,2018(5):45-53.

(责任编辑:刘洪霞)

(上接第8页)

- [9] 全东兴,金成海,孟维韧,等.水稻新品种吉梗515选育[J].北方水稻,2017,47(3):59-60,64.
- [10] 李彦利,贾玉敏,孟令君,等.水稻新品种通禾66选育及高产栽培技术要点[J].北方水稻,2016,46(6):54-55.
- [11] 刘威,孟卫隆,张安星,等.水稻新品种‘吉农大138’选育与栽培技术[J].分子植物育种,2018,16(18):6161-6165.
- [12] 黄进.首届全国优质稻品种食味品质鉴评金奖名单公布我省3个品种喜获金奖[EB/OL].[2018-05-06].https://www.sohu.com/a/230584965_222493.
- [13] 孙翠翠.“吉梗816”的金奖背后[N/OL].吉林日报,2018-11-09[2018-11-09].<http://nongye.cnjiwang.com/nyxw/201811/2760636.html>.
- [14] 王军,杨杰,陈志德,等.水稻香米基因标记的开发与应用[J].分子植物育种,2008(6):1209-1212.
- [15] 沈娟,高强.吉林省水稻施肥现状的调查分析[J].吉林农业科学,2011,36(2):40-43,59.
- [16] 高军,陈莫军,孟凡梅,等.增施穗肥对水稻产量和氮肥利用率的影响[J].东北农业科学,2018,43(2):1-4.

(责任编辑:刘洪霞)