

卢峰,张 飞. 矮壮素对高粱群体微环境及光合物质积累的调节作用[J]. 江苏农业科学,2015,43(8):79-81.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.08.026

矮壮素对高粱群体微环境及光合物质积累的调节作用

卢 峰,张 飞

(辽宁省农业科学院创新中心,辽宁沈阳 110161)

摘要:选取粒用高粱品种辽杂 11 号为试验材料,通过不同矮壮素处理,测量并分析了群体微环境、光合参数、荧光参数、干物质积累、籽粒形成的变化,旨在研究矮壮素处理对高粱光合生理性状、物质形成的影响。结果表明:不同矮壮素处理下群体相对湿度、光照度与对照相比差异显著;灌浆期光合速率较对照有所增加,ST₂ 处理增加幅度最大,为 22.70%;矮壮素处理损伤了 PS II 活性中心,ST₂ 处理下的 F_m 比对照下降了 8.84%, F_v/F_m 下降了 30.37%;矮壮素处理下 q_p 下降, q_N 升高;与对照相比,矮壮素处理使群体物质积累速率在生长后期加快,灌浆持续时间变长;灌浆后 32~48 d 矮壮素处理的籽粒产量与对照差异不明显。

关键词:矮壮素;高粱;微环境;光合物质

中图分类号:S514.01;S482.8⁺91

文献标志码:A

文章编号:1002-1302(2015)08-0079-03

高粱是我国重要的粮食和饲料作物,也是重要的酿酒原料,同时作为 C₄ 作物,具有光合能力强、光合产量高等特点,在我国农业生产中具有重要作用^[1-2]。然而,由于高粱果穗长在植株顶部,孕穗—灌浆期遇到强降雨或大风易发生倒折、倒伏而对产量造成较大影响,也不利于收割(尤其是机械化收割)。有报道表明,矮壮素是一种应用范围广、效果明显的植物生长调节剂,可经由叶片、根系吸收到植株体内,通过调节体内物质合成、促进光合作用,使植株节间缩短、粗壮,提高产量,还能提高某些作物的抗旱、耐寒、耐盐碱能力^[3-5],目前已有矮壮素在棉花、小麦、玉米、水稻等作物上喷施可显著提高产量的报道^[6-8]。在此背景下,对粒用高粱品种进行矮壮素施用影响及配套技术研究,有利于降低高粱植株高度,改变高粱群体结构、促进源库形成和光合物质积累,进而起到降低高粱生产风险、与高粱机械化栽培配套技术相协调的作用。本试验对不同浓度矮壮素处理下高粱的群体微环境、光合参数、荧光参数、物质积累特点、籽粒产量的形成进行综合分析,旨在为矮壮素在高粱上的施用技术研究及实践提供参考。

1 材料与与方法

1.1 试验设计

试验于 2012—2013 年在辽宁省农业科学院试验基地进行(本研究数据均为 2 年数据的平均值),地理位置为 123°23'E、41°48'N。试验品种为粒用高粱品种辽杂 11 号。

矮壮素由郑州农化药业有限公司生产,药剂纯度 99%,喷施药液量为 450 kg/hm²,设 3 个药剂处理和 1 个对照处理。处理 1(以下称 ST₁ 处理)在出苗后 30 d 进行叶面喷施矮壮素,药液浓度为 1 250.0 mg/kg(药剂:水=1:800);处理 2(以下称 ST₂ 处理)在出苗后 30、50 d 分 2 次进行叶面喷施矮

壮素处理,出苗后 30 d 喷施浓度为 833.3 mg/kg(药剂:水=1:200),50 d 喷施浓度为 416.7 mg/kg(药剂:水=1:2400);处理 3(以下称 ST₃ 处理)在出苗后 30 d 进行矮壮素灌溉根处理,药液浓度、施药量、总施药量同处理 1。同时设定对照(CK),即不经过任何生长调节剂处理。

试验采取随机区组排列,行长 3 m,8 行区,3 次重复。2012 年 5 月 6 日播种,9 月 23 日收获;2013 年 5 月 9 日播种,9 月 26 日收获。田间管理同当地生产常规。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 群体微环境 分别在灌浆期各处理群体株高的上 1/3 处,用 LI-6400 型光合仪测定叶片表面饱和水汽压亏缺、叶片温度、相对湿度、光照度,重复 3 次。

1.2.2 光合参数 灌浆期在每个试验小区选取 5 株生长健康、长势一致的植株,采用美国 LI-COR 公司生产的 LI-6400 型光合仪测定净光合速率,采用红蓝光源,设定 PAR 为 1 000 μmol/(m²·s),测定时间为 09:00—10:30,同步探测记录气孔导度、胞间 CO₂ 浓度、蒸腾速率等参数。

1.2.3 荧光参数 灌浆期采用 LI-6400 型光合仪测定旗叶中部上表面光反应下的初始参数 F_o' 、最大荧光参数 F_m' ,在暗反应下测定初始参数 F_o 、最大荧光参数 F_m 、稳态荧光 F_s ,计算 Φ_{PSII} 的最大光化学效率 F_v/F_m (F_v 为在暗反应下测定的可变荧光, $F_v = F_m - F_o$)、实际光化学效率 Φ_{PSII} 、光化学淬灭系数 q_p 、非光化学淬灭系数 NPQ 或 q_N ,相关计算公式为:

$$\Phi_{PSII} = (F_m' - F_s) / F_m';$$

$$NPQ = F_m / F_m' - 1;$$

$$q_p = (F_m' - F_s) / (F_m' - F_o');$$

$$q_N = (F_m - F_m') / (F_m - F_o).$$

1.2.4 茎鞘物质输出率和转化率 分别于开花期、收获期在每小区选取有代表性的植株 5 株,风干后称质量,计算茎鞘物质输出率、茎鞘物质转化率,计算公式分别为:

茎鞘物质输出率 = (开花前干物质质量 - 开花后干物质质量) / 开花后干物质质量 × 100%;

茎鞘物质转化率 = (开花前干物质质量 - 开花后干物质

收稿日期:2014-08-14

基金项目:现代农业产业技术体系项目(编号:CARS-06)。

作者简介:卢峰(1974—),男,辽宁沈阳人,博士,研究员,主要从事高粱遗传育种研究。E-mail:lufeng740202023@163.com。

质量)/开花前干物质质量 × 100%。

1.2.5 灌浆速率的测定 在高粱开花后籽粒形成至成熟期间,每处理选择3穗有代表性的果穗,挂牌定穗。从开花授粉后8 d起,每隔8 d取样1次,直至种子成熟为止。每次从果穗取样60粒,部位为穗上中部籽粒,将取下的籽粒放入铝盒,置于恒温干燥箱中,用60℃温度烘烤24 h以上,直至籽粒质量不变,称得的籽粒质量为干质量。

1.3 数据处理与分析

试验数据均采用 GraphPad PST-3sm 5、Excel 2003、DPS 7.50 软件进行处理与分析。

2 结果与分析

2.1 施用矮壮素对高粱群体冠层微环境的调节

由表1可见,不同矮壮素处理对高粱田间的微环境具有影响。叶片表面饱和水汽压亏缺、叶片温度与对照相比有所提高,相对湿度、光照度在矮壮素处理下均较对照有所下降;叶片表面饱和水汽压亏缺与对照差异不显著,叶片温度、相对

湿度、光照度与对照差异显著($P < 0.05$); ST_1 、 ST_2 、 ST_3 处理的相对湿度分别比对照下降 8.64%、11.15%、16.56%, ST_1 、 ST_2 、 ST_3 处理的光照度分别比对照下降 20.23%、14.02%、10.96%。可能是因为植株变矮,导致叶片间距较小、相互遮挡面积增加造成的,说明矮壮素对群体中的相对湿度、光照度的影响最大,具有较大的提升空间。

2.2 矮壮素对高粱群体光合参数的影响

由表2可以看出,矮壮素处理对灌浆期光合速率影响的差异较大,总体表现为 ST_2 处理 > ST_1 处理 > ST_3 处理 > CK, 其中 ST_3 处理的净光合速率、气孔导度与对照差异不显著, ST_1 、 ST_2 处理的净光合速率分别比对照高 16.64%、22.70%, 差异均达显著水平。可能是因为叶面喷施矮壮素对植株个体的源库起到了促进作用,促进了物质的积累和运输,增加了叶片的活力和叶绿素含量。气孔导度的变化趋势与光合速率基本一致;胞间 CO_2 浓度与光合速率的变化趋势相反;不同处理间蒸腾速率的差异达到了显著水平,更进一步解释了矮壮素处理增加了植株灌浆期的活力。

表1 矮壮素施用下高粱群体冠层微环境的变化

| 处理 | 叶片表面饱和水汽压亏缺 (Pa) | 叶片温度 (°C) | 相对湿度 (%) | 光照度 ($\mu\text{mol}/\text{mol}$) |
|--------|------------------|---------------|---------------|------------------------------------|
| CK | 2.71 ± 0.28a | 33.21 ± 0.86b | 46.20 ± 1.03a | 192.34 ± 2.53a |
| ST_1 | 2.78 ± 0.33a | 36.45 ± 0.57a | 42.21 ± 0.95b | 153.43 ± 2.14d |
| ST_2 | 2.89 ± 0.14a | 37.97 ± 0.68a | 41.05 ± 0.69b | 165.38 ± 1.82c |
| ST_3 | 2.83 ± 1.25a | 37.87 ± 0.62a | 38.55 ± 0.88c | 171.26 ± 2.39b |

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。表2至表4同。

表2 矮壮素施用对高粱群体光合参数的影响

| 处理 | 净光合速率 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$] | 气孔导度 (H_2O) [$\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$] | 胞间 CO_2 浓度 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$] | 蒸腾速率 (CO_2) ($\mu\text{mol}/\text{mol}$) |
|--------|---|--|--|--|
| CK | 22.11 ± 0.43c | 0.14 ± 0.03c | 121.36 ± 2.35b | 3.98 ± 0.36d |
| ST_1 | 25.79 ± 0.28b | 0.16 ± 0.02b | 88.30 ± 3.31d | 4.68 ± 0.44b |
| ST_2 | 27.13 ± 0.68a | 0.18 ± 0.02a | 96.75 ± 1.95c | 5.15 ± 0.57a |
| ST_3 | 23.35 ± 0.47c | 0.15 ± 0.01bc | 145.36 ± 3.24a | 4.16 ± 0.26c |

2.3 矮壮素对群体荧光参数的影响

2.3.1 矮壮素对暗适应下叶绿素 a 荧光参数的影响 由表3可见,暗适应下,矮壮素处理对叶绿素 a 的荧光参数具有较大影响。 F_0 呈升高趋势,其中 ST_1 、 ST_2 、 ST_3 处理与对照相比升高幅度较大且差异显著; F_m 各处理与对照相比均下降, ST_2

处理下降幅度最大,比对照下降了 8.84%; F_v 在矮壮素处理后与对照差异较小; F_v/F_0 在矮壮素处理下均下降,其中 ST_2 处理下降幅度最大,为 30.37%,表明 ST_2 、 ST_1 、 ST_3 处理下的 PS II 受到了不同程度的损伤,光合作用原初反应受抑制;不同处理间 F_v/F_m 无显著差异。

表3 不同矮壮素处理下暗适应下叶绿素 a 荧光参数的变化

| 处理 | F_0 | F_m | F_v | F_v/F_0 | F_v/F_m |
|--------|----------------|----------------|----------------|--------------|--------------|
| CK | 155.32 ± 1.35c | 748.63 ± 2.03a | 593.33 ± 2.35a | 3.82 ± 0.85a | 0.79 ± 0.08a |
| ST_1 | 172.31 ± 1.87b | 708.80 ± 0.98c | 536.55 ± 3.31c | 3.11 ± 0.96b | 0.76 ± 0.06a |
| ST_2 | 186.31 ± 1.14a | 682.42 ± 1.59c | 496.12 ± 2.58d | 2.66 ± 0.67c | 0.73 ± 0.09a |
| ST_3 | 175.90 ± 2.09b | 723.54 ± 1.58b | 547.60 ± 1.76b | 3.12 ± 0.68b | 0.76 ± 0.03a |

2.3.2 矮壮素对暗适应下荧光动力参数的影响 由表4可见,矮壮素处理对荧光动力参数具有较大影响。不同矮壮素处理下的 q_p 、 q_N 存在差异, q_p 下降、 q_N 升高。 ST_2 处理下 q_p 下降幅度较小,与对照差异不显著,说明 ST_2 处理的热量耗散较少,光能转化率相对较高。 NPQ 反映了植物耗散过剩光能为热能的能力,可以看出, ST_1 、 ST_2 、 ST_3 处理的 NPQ 下降幅度 ST_1 处理 > ST_3 处理 > ST_2 处理,不同处理与对照的差异均达到了显著水平,说明 ST_1 、 ST_2 、 ST_3 处理以荧光发射的形式进

表4 不同矮壮素处理下荧光动力参数的变化

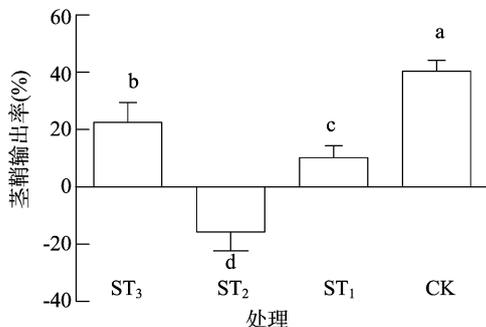
| 处理 | q_p | q_N | NPQ | Φ_{PSII} |
|--------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| CK | 0.38 ± 0.03a | 0.72 ± 0.08b | 1.38 ± 0.11a | 0.21 ± 0.03a |
| ST_1 | 0.31 ± 0.07c | 0.75 ± 0.09a | 1.24 ± 0.06d | 0.17 ± 0.02b |
| ST_2 | 0.37 ± 0.06a | 0.76 ± 0.05b | 1.33 ± 0.09b | 0.22 ± 0.02a |
| ST_3 | 0.34 ± 0.05b | 0.73 ± 0.07b | 1.27 ± 0.05c | 0.15 ± 0.04b |

行能量散失的能力减弱。 Φ_{PSII} 表示 PS II 反应中心部分关闭情况下的光和电子传递量子效率,不同处理排序为 $ST_2 > ST_1 >$

ST₃、ST₂ 处理稍微高于对照,而 ST₁、ST₃ 处理低于对照,且差异显著。说明 ST₂ 处理光合电子传递量子效率最高,可能是由于高粱在逆境条件下的自身保护反应,也说明了就荧光动力学参数而言,矮壮素 ST₂ 处理对植株的影响相对较小。

2.4 施用矮壮素对群体物质积累、群体生长率的影响

由图1、图2可见,矮壮素处理下,对花前、花后干物质积累、能量转化存在差异。茎鞘输出率、转化率在不同处理间变化趋势基本一致,表现为 CK > ST₃ 处理 > ST₁ 处理 > ST₂ 处理,其中 ST₂ 处理的茎鞘输出率、转化率分别比对照低 56.13%、81.34%。说明在干物质积累方面,矮壮素处理可使积累时期延后,甚至在 ST₂ 处理下出现了开花后积累大于开花前积累的情况;同时也说明,喷施矮壮素的高粱在开花后期干物质积累率相对较高,在灌浆期采取一定的栽培措施促进灌浆,对其形成较高干物质质量的潜力更大。



不同处理间标有不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。图2同

图1 不同处理下茎鞘输出率比较

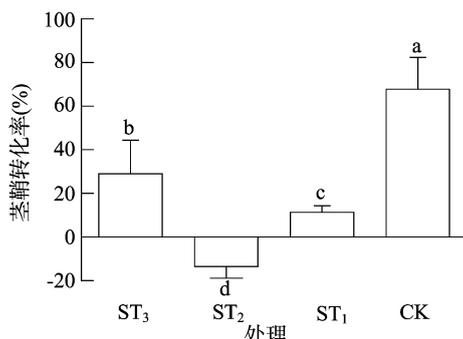


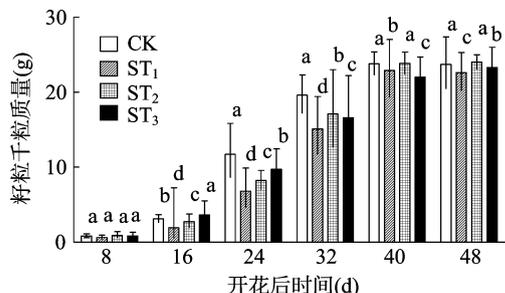
图2 不同处理下茎鞘转化率比较

2.5 施用矮壮素对群体灌浆速率的影响

粒用高粱开花后,在不同矮壮素处理下灌浆速率均呈“慢—快—慢”的“S”形曲线变化,详见图3。在开花后8~48 d,属于籽粒产量形成关键期,矮壮素处理下灌浆速率与对照相比呈增加的趋势,即在开花后32 d内灌浆速率仍明显低于对照,而当灌浆40 d左右时与对照差异很小,达到48 d后 ST₂ 处理甚至小幅度高于对照。说明矮壮素处理下,在开花后32 d以后仍可保持较高的灌浆速率,灌浆持续时间较长,有利于积累更多的干物质到籽粒,这与矮壮素使茎秆变得粗壮、改变了植株机体的源库流有关。

3 结论与讨论

矮壮素处理下,粒用高粱群体叶片温度、群体相对湿度、透光率均有小幅度下降,但在源库关系上有很大的改善,茎秆



同一时间、不同处理间标有不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

图3 不同开花时间的籽粒质量变化

更加粗壮,保证了物质流动和传输的畅通,因此在光合速率的荧光参数方面较对照有所改善,这与汤海军等的研究结果^[9]基本一致。矮壮素处理有助于干物质在中后期的积累,在不同矮壮素处理下,以 ST₂ 处理效果最为明显,该处理更有利于开花后期物质的积累,ST₃ 处理对群体影响程度相对较小,这与杨文钰等关于烯效唑干拌种对小麦的增产作用的研究结果^[10]存在差异,可能是因为作物种类差别造成的,也可能是不同试验地点气候条件存在差异造成的。

矮壮素为赤霉素的拮抗物,主要作用是抑制赤霉素的生物合成,能抑制细胞伸长而不影响细胞分裂,抑制茎叶生长而不影响性器官的发育,从而实现控制徒长、抗倒伏、提高产量的目的,在高粱抗倒伏以及机械化收割配套技术研究等方面都具有广阔的研究前景。但作为一种生长调节剂,受品种、气候条件、土壤条件等因素影响较大,在使用时应根据当地的生产条件合理使用,以实现高粱的增产、稳产。

参考文献:

- [1] 邹剑秋,王艳秋,张 飞,等. A1、A3 型细胞质甜高粱品种抗倒性能研究[J]. 中国农业大学学报,2012,17(6):92-97.
- [2] Miyazawa S, Livingston N J, Turpin D H. Stomatal development in new leaves is related to the stomatal conductance of mature leaves in poplar (*Populus trichocarpa* × *P. deltoides*) [J]. J Exp Bot,2006,57(2):373-380.
- [3] 冯晓敏,张永清. 水分胁迫对糜子植株苗期生长和光合特性的影响[J]. 作物学报,2012,38(8):1513-1521.
- [4] Anderson J M, Chow W S, de Las R J. Dynamic flexibility in the structure and function of photosystem II in higher plant thylakoid membranes: the grana enigma [J]. Photosynth Res,2008,98(1/2/3):575-587.
- [5] 张子山,李 耕,高辉远,等. 玉米持绿与早衰品种叶片衰老过程中光化学活性的变化[J]. 作物学报,2013,39(1):93-100.
- [6] 杨洪昌,范源洪,吴正焜,等. 甜高粱抗倒伏性状评价及其倒伏系数初探[J]. 作物杂志,2008(3):54-56.
- [7] 孙 岩,张宏纪,辛文利,等. 苗期镇压与矮壮素结合处理对小麦生育及其基部节生长的影响[J]. 黑龙江农业科学,2013(2):14-16.
- [8] 龚建军,赵桂琴,马雪琴. 矮壮素与乙烯利对燕麦株高、产量及其构成因素的调节作用[J]. 草业科学,2008,25(5):74-77.
- [9] 汤海军,周建斌,王春阳. 矮壮素浸种对不同小麦品种萌发生长及水分利用效率的影响[J]. 干旱地区农业研究,2005,23(5):29-34.
- [10] 杨文钰,于振文,余松烈,等. 烯效唑干拌种对小麦的增产作用[J]. 作物学报,2004,30(5):502-506.