

5 种不同植物生长调节剂对朝谷 58 生长及产量的影响

张 蒙 张海金 王凯玺 张文飞 朱康宁 刁玉霖 刘明水 陈国秋
(辽宁省旱地农林研究所, 朝阳 122000)

摘要:为了筛选出对朝谷 58 增产效果最优的植物生长调节剂, 将 5 种不同种类的植物生长调节剂施用在朝谷 58 上, 测定并分析朝谷 58 的农艺性状、根系指标与产量。结果表明: 植物生长调节剂对朝谷 58 表型性状、叶绿素含量、净光合速率、根系指标、全株总生物量及产量均有显著影响; 赤霉素对朝谷 58 株高、节间距、根总长、平均直径有明显的促进作用; 吲哚丁酸、糠氨基嘌呤、胺鲜酯、芸苔素均不同程度地缩短了节间距, 增加了茎粗, 其中吲哚丁酸、胺鲜酯较 CK 显著增加朝谷 58 的全株总生物量、穗粗、单穗重、单穗粒重、千粒重, 同时抑制了根系平均直径的增加; 不同植物生长调节剂处理对朝谷 58 增产的影响表现为吲哚丁酸 > 胺鲜酯 > 芸苔素 > 糠氨基嘌呤 > 赤霉素, 增产幅度在 7.01%~25.97% 之间。综合来看, 叶面喷施吲哚丁酸、胺鲜酯对朝谷 58 增产效果尤为明显, 具有较高的应用价值。

关键词:朝谷 58; 植物生长调节剂; 农艺性状; 根系指标; 产量

Effects of Five Different Plant Growth Regulators on Growth and Yield of Chaogu 58

ZHANG Meng, ZHANG Haijin, WANG Kaixi, ZHANG Wenfei,
ZHU Kangning, DIAO Yulin, LIU Mingshui, CHEN Guoqiu
(Liaoning Dryland Agriculture and Forestry Research Institute, Chaoyang 122000, Liaoning)

谷子原产于中国, 古称粟, 是我国北方重要的粮食作物^[1], 作为一种安全、富有营养的优质谷物杂粮受到人们的青睐。谷子作为生态农业绿色发展的主栽作物^[2], 对保障国家粮食安全具有重要意义。谷子的抗逆性较强, 但由于产量较低, 严重制约了谷子的发展^[3]。因此, 产量潜能的提高对满足日益增长的谷子需求具有重要意义。朝谷 58 是通过有性杂交, 系统选育选出的抗除草剂的稳定谷子品种, 幼苗呈绿色, 平均生育期 124d。属矮秆抗倒伏品种, 抗旱性强, 抗病性强。穗呈纺锤形, 穗码松紧度适中,

黄谷黄米, 熟相比较好, 在全国第十届优质食用粟评选中被评为二级优质米。适合简化栽培, 机械收获, 符合现代种植模式, 适宜在辽西干旱半干旱地区及自然条件相似地区种植, 当前辽西地区已大面积生产。

研究表明, 植物生长调节剂不仅能增加作物产量, 还能提升抗逆性, 在作物育种和延长产品贮藏期中发挥着重要作用^[4], 同时应用其化控技术具有成本低、见效快、用量小等优点^[5]。赤霉素、吲哚丁酸、糠氨基嘌呤、胺鲜酯、芸苔素内酯等是常用的植物生长调节剂^[6]。杨坤等^[7]的研究表明, 赤霉素作为茎秆伸长的主控因子, 对茎秆长度起到决定性作用。吲哚丁酸具有促生根、促增产、应用广等优点^[8]。0.4% 糠氨基嘌呤水剂对水稻的生长有明显的促进作用, 可促进水稻分蘖、增加穗实粒数^[9]。在

基金项目:财政部和农业农村部: 国家现代农业产业技术体系资助 (CARS-06-14.5-B15); 辽宁省建平县杂粮产业乡村振兴科技特派团 (2023JH5/10400066)

通信作者:陈国秋

玉米抽雄期叶面喷洒胺鲜酯,可有效促进玉米后期的生长发育,提高玉米产量;单独应用以及与吲哚丁酸和芸乙酸联合使用后,在植株高度与对照相当的情况下,显著增加了茎秆粗度,起到了一定的抗倒伏作用^[10]。0.01%芸苔素内酯水剂可显著提高水稻实粒数、结实率和千粒重^[11]。

本试验主要针对赤霉素、吲哚丁酸、糠氨基嘌呤、胺鲜酯、芸苔素内酯5种植物生长调节剂,以朝谷58为试验材料,明确各类型植物生长调节剂对朝谷58表型性状、叶绿素含量、净光合速率、根系指标、全株总生物量等重要农艺性状及产量的影响,旨在筛选出既可以调控朝谷58生长发育又可以提高产量的植物生长调节剂,以期在植物生长调节剂在谷子生产上的应用提供理论依据和技术参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料 供试谷子品种为朝谷58,由辽宁省旱地农林研究所选育并提供。药剂种类与喷施倍数:清水(CK)、0.4%糠氨基嘌呤水剂(800倍液)、1.2%吲哚丁酸水剂(1600倍液)、3%赤霉酸乳油(2000倍液)、5%胺鲜酯水剂(2000倍液)、0.01%芸苔素内酯水剂(2800倍液),喷施剂量为300mL/m²。

1.2 试验地点 试验于2023年5~9月在辽宁省旱地农林研究所试验基地进行(41°57'N,120°45'E),年平均气温5.4~8.7℃,年平均降水量450~580mm,无霜期120~155d。试验地土壤类型为砂壤质褐土,pH值为7.13,有机质含量为8.80g/kg。

1.3 试验设计 试验采用随机区组设计,共设置6个处理,包括5种植物生长调节剂以及清水(CK),每个处理3次重复。每个小区行长6m,行距0.5m,6行区,共18m²。5月23日播种,9月23日收获,留苗密度3.3万株/667m²,谷子生长期定期人工除草。在谷子拔节期(7月18日)、抽穗期(8月15日)叶面喷施植物生长调节剂及清水。

1.4 测定项目及方法

1.4.1 农艺性状 在喷施植物生长调节剂前每个小区随机选取谷子10株进行标记,用卷尺分别在7月18日(拔节期)、7月25日(拔节孕穗期)、8月1日(拔节孕穗期)、8月15日(抽穗期)、8月22日(开花期)、9月23日(收获期)测量标记植株的株高(主茎基部到最顶端叶片叶鞘的长度)及倒二叶叶片长

度和宽度,用以计算叶面积。单叶叶面积(cm²)=叶长(cm)×叶宽(cm)×0.75。收获时测量标记植株基部5节节间距,并计算平均数;用游标卡尺测量穗粗及植株基部节1/2处的茎粗。

1.4.2 叶片叶绿素含量(SPAD)、净光合速率 使用SPAD-502便携式叶绿素测定仪在第1次喷药(拔节期)与第2次喷药(抽穗期)的前后7d测定谷子叶片SPAD值。每个小区选取10株具有代表性的植株,每株选取上、中、下3个部位的6片叶子,每片叶测定叶基、叶中、叶尖3个部位的6个位点(避开叶脉部分),取6个位点数值的平均值作为该叶片的SPAD值。

在喷施植物生长调节剂第7天时,每个小区选取5株具有代表性的植株,每株选取3片无病健康且长势相对一致的叶片,在天气晴朗的条件下于9:00~11:00使用便携式光合仪(LI-6400)在自然光源下测定各处理标记植株功能叶片倒二叶的净光合速率。

1.4.3 根系指标 收获时进行根系采集,每个小区随机选取5株,采用挖掘法,使用根系扫描仪与表型分析系统(GXY-A)获取图像并统计根总长、平均直径、表面积、根体积。

1.4.4 全株总生物量与干物质率 收获时每个小区选取10穗长势一致的谷子测其全株总生物量。各组织部位(根、茎、叶、穗)分开并装入网袋中称取鲜重后,105℃杀青30min,75℃烘干至恒重称取干重,记录植株各器官生物量并计算干物质率。干物质率(%)=干样重量/鲜样重量×100。

1.4.5 产量及产量相关性状 成熟后全小区收获并测定产量。每个小区选取10穗长势一致的谷子进行考种,测定穗长、穗粗、单穗重、单穗粒重、千粒重、出谷率。

1.5 数据处理 用SPSS 23统计软件对数据进行方差分析与相关性系数分析,用Excel 2016软件整理数据及绘图。

2 结果与分析

2.1 植物生长调节剂对朝谷58节间距、株高、茎粗、叶面积的影响 不同植物生长调节剂对朝谷58节间距、株高、茎粗、叶面积的影响见图1、图2。叶面喷施植物生长调节剂影响了朝谷58的节间距。与CK相比,赤霉素处理显著增加了节间距,

增幅 28%,其他 4 个处理均缩短了节间距,其中糠氨基嘌呤、吲哚丁酸处理与 CK 存在显著差异,降幅均在 10% 以上。各处理的株高、茎粗、叶面积均随着生育进程呈不断增长的趋势。喷药后 5 个时期,朝谷 58 的株高表现为 5 种植物生长调节剂处理均高于 CK,其中糠氨基嘌呤、吲哚丁酸、胺鲜酯、芸苔素处理与 CK 差异不明显;赤霉素处理的株高变化最明显,较 CK 分别增加了 13.21%、3.66%、27.81%、27.96%、28.76%,尤其是朝谷 58 在 8 月 1 日以后,随着浓度的提高,对株高的促进作用增强(图 2a)。朝谷 58 茎粗在喷施赤霉素、吲哚丁酸、糠氨基嘌呤、胺鲜酯、芸苔素后与 CK 相比,分别增幅在 18.58%~32.77%、26.01%~42.74%、18.58%~44.73%、10.25%~38.63%、16.19%~33.03% 之间,8 月 15 日至收获时均表现为吲哚丁酸处理的茎粗略高于其他处理(图 2b)。植物生长调节剂处理后朝谷 58 的叶面积均高于 CK,尤其是在营养生长阶段变化最明显,8 月 22 日至 9 月 23 日时叶面积基本停止增加,6 个处理的叶面积均达到了峰值,收获时以糠氨基嘌呤、吲哚丁酸处理的叶面积最大,较 CK 分别增加了 10.68%、10.38%(图 2c)。

2.2 植物生长调节剂对朝谷 58 叶绿素含量及净光合速率的影响 不同植物生长调节剂对朝谷 58 叶片叶绿素含量、净光合速率的影响见图 3。结果表明,6 个处理的叶绿素含量变化趋势基本相同,均随着生育进程呈不断增加的趋势。在 7 月 25 日时,赤霉素、吲哚丁酸、糠氨基嘌呤、胺鲜酯、芸苔素处理较 CK 分别增加了 1.23%、15.64%、9.76%、8.39%、

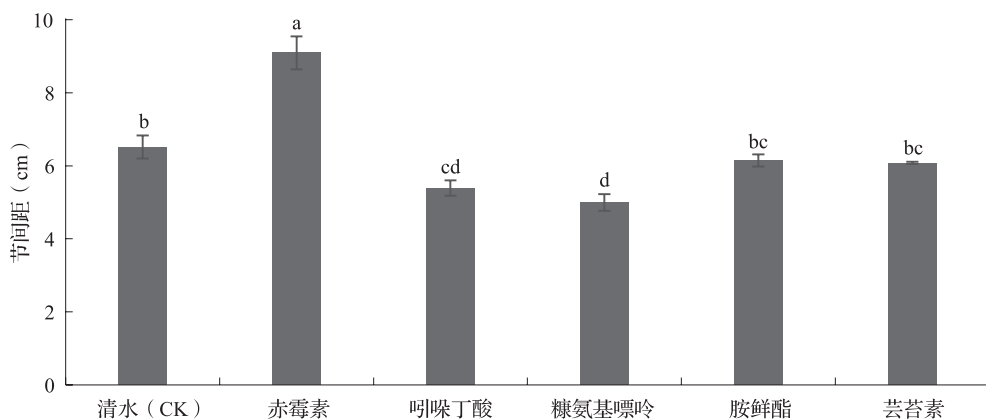
9.41%,以吲哚丁酸处理最高,SPAD 均值为 58.85;8 月 8 日时植物生长调节剂处理均与 CK 存在显著差异,增幅在 9.16%~11.78% 之间;8 月 22 日时赤霉素处理的叶绿素含量显著低于吲哚丁酸、糠氨基嘌呤、芸苔素处理,但高于 CK 处理,整体上表现为吲哚丁酸>芸苔素>糠氨基嘌呤>胺鲜酯>赤霉素(图 3a)。

7 月 25 日时植物生长调节剂处理的朝谷 58 叶片净光合速率均显著高于 CK,其中以吲哚丁酸、胺鲜酯、芸苔素处理的效果最明显,较 CK 分别增加了 16.43%、15.86%、16.61%;第 2 次喷药后,8 月 22 日时吲哚丁酸、糠氨基嘌呤处理的净光合速率较高,较 CK 分别增加了 17.83%、17.34%,差异显著(图 3b)。

综合两个指标来看,叶面喷施植物生长调节剂可以通过提高谷子叶片叶绿素含量与净光合速率,使营养物质从“源”向“库”转移,以达到提高产量的目的,以吲哚丁酸处理的效果最佳。

2.3 植物生长调节剂对朝谷 58 根系生长的影响

不同植物生长调节剂对朝谷 58 根系指标的影响见表 1。赤霉素、糠氨基嘌呤处理的根总长、平均直径与 CK 存在显著性差异,根总长较 CK 分别增加 25.61%、21.19%;平均直径较 CK 分别增加 34.85%、24.24%。表面积最大的是吲哚丁酸处理,显著高于其他处理,较 CK 增加 20.70%。吲哚丁酸、胺鲜酯处理的平均直径略低于 CK,降幅在 3.03%~4.55% 之间。吲哚丁酸、赤霉素处理的根体积显著高于 CK,较 CK 分别增加 56.85%、45.21%。根鲜重、根干重的结果表明,叶面喷施植物生长调节



不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著,下同

图 1 不同植物生长调节剂对朝谷 58 节间距的影响

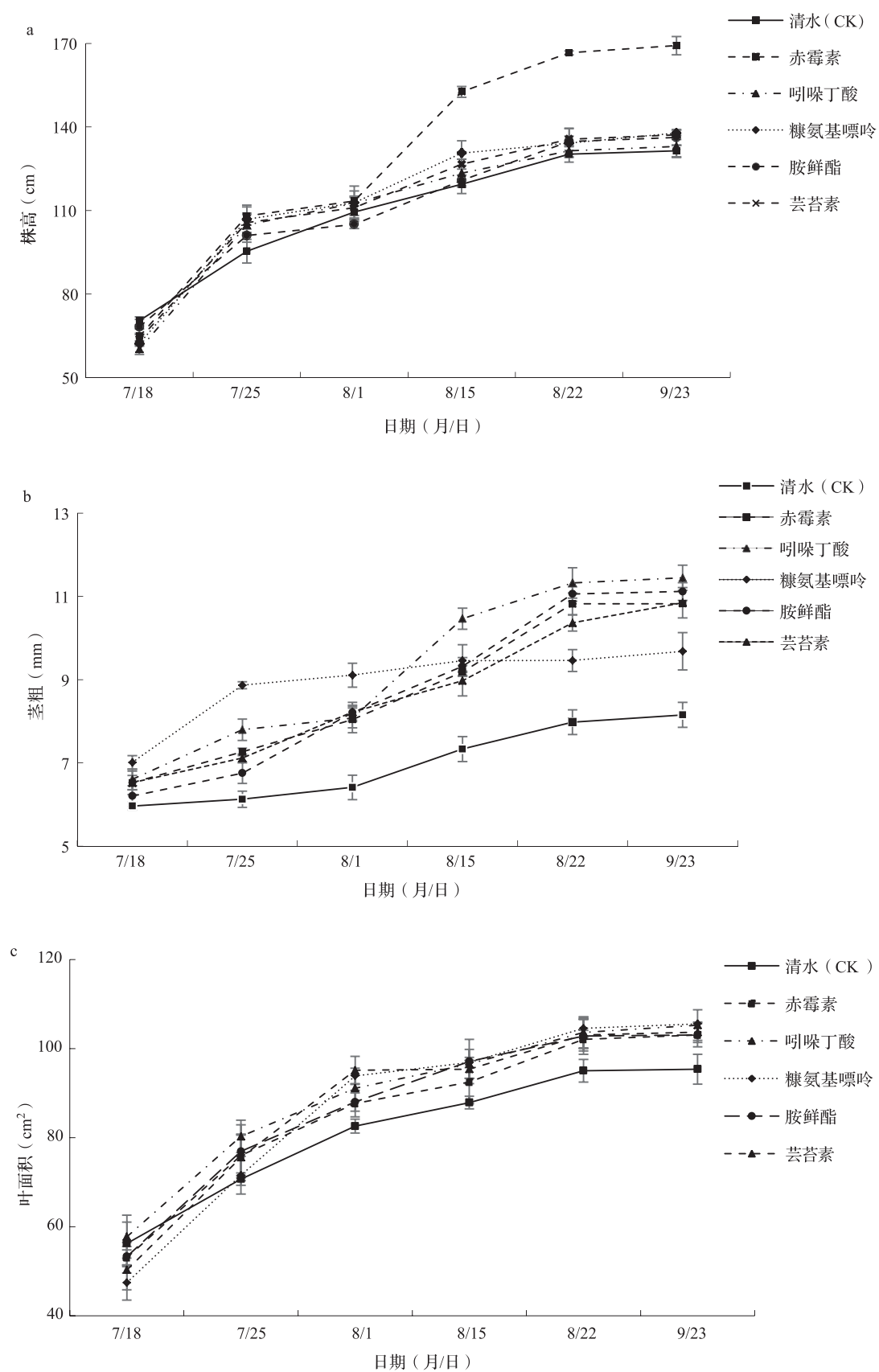


图2 不同植物生长调节剂对朝谷 58 株高、茎粗、叶面积的影响

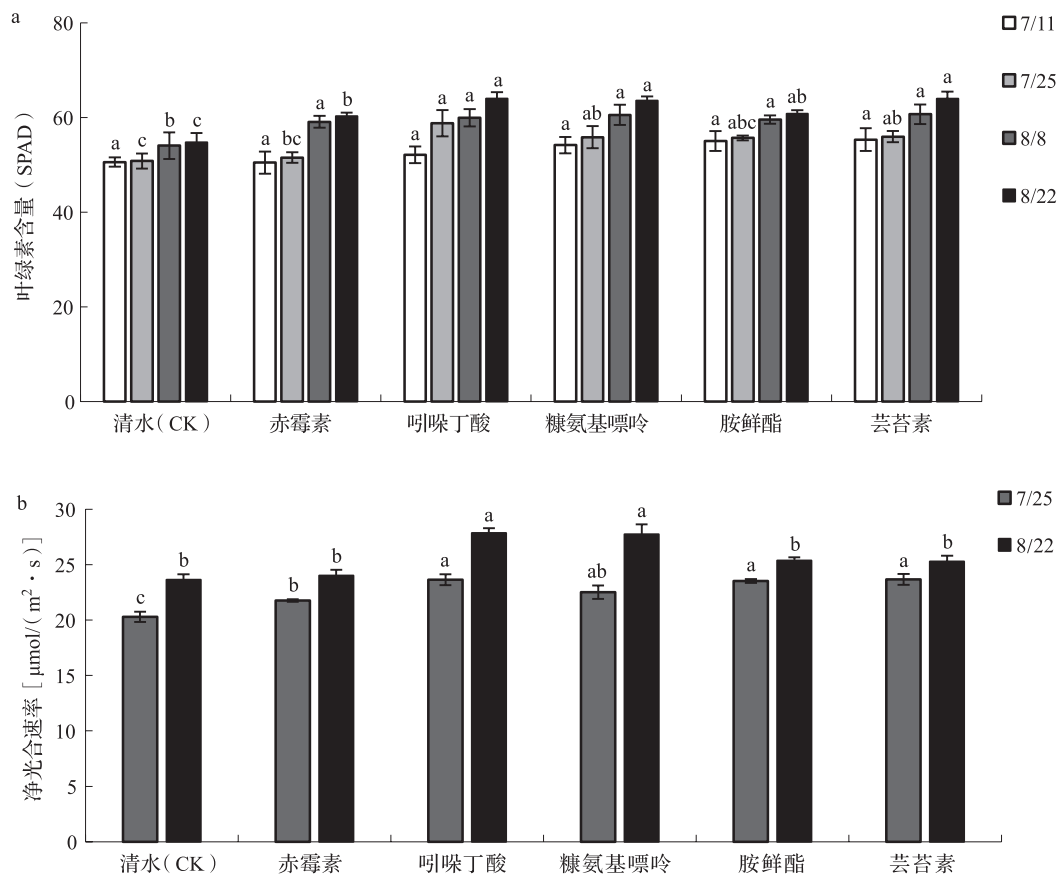


图3 不同植物生长调节剂对朝谷 58 叶片叶绿素含量、净光合速率的影响

表 1 不同植物生长调节剂对朝谷 58 根系指标的影响

处理	根总长 (cm)	表面积 (cm^2)	平均直径 (mm)	根体积 (cm^3)	根鲜重 (g)	根干重 (g)
清水 (CK)	$329.81 \pm 9.00\text{c}$	$20.53 \pm 0.42\text{c}$	$0.66 \pm 0.03\text{bc}$	$1.46 \pm 0.20\text{b}$	$4.49 \pm 0.39\text{c}$	$3.85 \pm 0.25\text{d}$
赤霉素	$414.27 \pm 13.09\text{a}$	$20.98 \pm 0.78\text{c}$	$0.89 \pm 0.04\text{a}$	$2.12 \pm 0.12\text{a}$	$4.50 \pm 0.38\text{c}$	$4.26 \pm 0.20\text{cd}$
吲哚丁酸	$348.99 \pm 10.86\text{c}$	$24.78 \pm 0.47\text{a}$	$0.63 \pm 0.03\text{c}$	$2.29 \pm 0.06\text{a}$	$7.23 \pm 1.12\text{a}$	$5.84 \pm 0.29\text{a}$
糠氨基嘌呤	$399.70 \pm 11.04\text{ab}$	$22.91 \pm 0.18\text{b}$	$0.82 \pm 0.03\text{a}$	$1.40 \pm 0.12\text{b}$	$4.97 \pm 0.41\text{bc}$	$4.76 \pm 0.32\text{c}$
胺鲜酯	$370.21 \pm 3.00\text{bc}$	$21.71 \pm 0.21\text{bc}$	$0.64 \pm 0.01\text{c}$	$1.75 \pm 0.03\text{b}$	$6.76 \pm 0.88\text{ab}$	$5.73 \pm 0.27\text{ab}$
芸苔素	$352.07 \pm 18.10\text{c}$	$21.31 \pm 0.28\text{c}$	$0.73 \pm 0.03\text{b}$	$1.47 \pm 0.05\text{b}$	$6.37 \pm 0.37\text{abc}$	$4.93 \pm 0.33\text{bc}$

剂可有效增加朝谷 58 根系的生物量,吲哚丁酸、胺鲜酯的根鲜重、根干重较高,根鲜重较 CK 分别显著增加 61.02%、50.56%;根干重较 CK 分别显著增加 51.69%、48.83%。

2.4 植物生长调节剂对朝谷 58 全株总生物量、干物质率的影响 朝谷 58 全株总生物量、干物质率的结果分析见表 2。除赤霉素处理以外,其他 4 个植物生长调节剂处理的全株总生物量均显著高于 CK;各处理的全株总生物量在 28.74~42.55g 之间;吲哚丁酸处理的效果最明显,较 CK 增加 48.05%,其次

表 2 不同植物生长调节剂对朝谷 58 全株总生物量、干物质率的影响

处理	全株总生物量 (g)	干物质率 (%)
清水 (CK)	$28.74 \pm 0.74\text{d}$	$61.74 \pm 2.50\text{ab}$
赤霉素	$30.05 \pm 1.03\text{d}$	$58.64 \pm 1.79\text{b}$
吲哚丁酸	$42.55 \pm 0.72\text{a}$	$67.35 \pm 1.68\text{a}$
糠氨基嘌呤	$35.88 \pm 0.66\text{c}$	$68.13 \pm 2.75\text{a}$
胺鲜酯	$38.55 \pm 0.80\text{b}$	$61.71 \pm 3.58\text{ab}$
芸苔素	$34.52 \pm 1.09\text{c}$	$61.76 \pm 1.27\text{ab}$

是胺鲜酯处理,较 CK 增加 34.13%。植物生长调节剂处理的干物质率与 CK 差异不显著,糠氨基嘌呤、吲哚丁酸处理均与赤霉素处理存在显著差异,分别增加了 16.18%、14.85%。

2.5 植物生长调节剂对朝谷 58 产量及产量性状的影响 不同植物生长调节剂对朝谷 58 产量及产量性状的影响结果见表 3、表 4。叶面喷施植物生长调节剂对朝谷 58 增产效果均有不同程度的提升,增产效果总体表现为吲哚丁酸>胺鲜酯>芸苔素>糠氨基嘌呤>赤霉素;其中吲哚丁酸、胺鲜酯、芸苔素处理的增幅较大,较 CK 分别显著增产 25.97%、23.93%、19.00%,糠氨基嘌呤、赤霉素处理较 CK 分别增产 9.06%、7.01%。

植物生长调节剂对朝谷 58 的穗长、穗粗、单穗重、单穗粒重、千粒重、出谷率均有促进作用。芸苔素、胺鲜酯处理的穗长较长,较 CK 分别增加 23.48%、17.17%;植物生长调节剂处理的穗粗均显著高于 CK,增幅在 6.92%~40.69% 之间;单穗重(鲜重、干重)均以吲哚丁酸、胺鲜酯处理较高,干重较 CK 分别增加 34.44%、23.88%;吲哚丁酸、胺鲜酯、糠氨基嘌呤处理的单穗粒重与 CK 存在显著差异,较 CK 分别提高 75.83%、62.92%、60.14%;胺鲜酯、

糠氨基嘌呤、吲哚丁酸处理的出谷率分别比 CK 显著提高 20.24、20.16、19.83 个百分点;植物生长调节剂处理的谷子千粒重较 CK 有不同程度的显著提升,其中胺鲜酯、芸苔素、吲哚丁酸处理的增幅较大,较 CK 分别增加 23.37%、22.99%、22.22%,其次是糠氨基嘌呤、赤霉素处理,较 CK 分别增加 19.16%、17.24%。

2.6 朝谷 58 农艺性状、根系指标及产量的相关性分析 对朝谷 58 农艺性状、根系指标及产量进行相关性分析,可在一定程度上反映农艺性状与根系指标对产量的主导程度。由表 5 可知,农艺性状方面,谷子产量与单穗鲜重存在极显著正相关;与茎粗、全株总生物量、穗粗、单穗粒重存在显著正相关;与株高、节间距呈负相关关系。根系指标方面,谷子产量与根鲜重、根干重存在极显著正相关,与根总长、平均直径呈负相关关系。因此在选择适宜的植物生长调节剂增加茎粗、全株总生物量、穗粗、单穗鲜重、单穗粒重、根系生物量,调控株高并抑制节间距、根总长、平均直径的伸长,将有助于提高朝谷 58 的产量。

3 讨论与结论

研究发现,植物抗倒伏性与其株高无关,而与

表 3 不同植物生长调节剂对朝谷 58 产量的影响

处理	小区产量(kg)			小区平均产量(kg)	折合产量 (kg/667m ²)	较 CK 增产(%)
	I	II	III			
清水(CK)	6.75	6.46	6.26	6.49 ± 0.14c	240.45 ± 5.31c	—
赤霉素	6.90	7.29	6.64	6.94 ± 0.19bc	257.31 ± 6.98bc	7.01
吲哚丁酸	8.28	7.51	8.74	8.17 ± 0.35a	302.90 ± 13.29a	25.97
糠氨基嘌呤	7.70	6.27	7.26	7.08 ± 0.42bc	262.24 ± 15.60bc	9.06
胺鲜酯	8.30	7.63	8.20	8.04 ± 0.21a	298.98 ± 7.80a	23.93
芸苔素	7.58	8.29	7.29	7.72 ± 0.29ab	286.13 ± 10.98ab	19.00

表 4 不同植物生长调节剂对朝谷 58 产量性状的影响

处理	穗长(cm)	穗粗(mm)	单穗重(g)		单穗粒重(g)	千粒重(g)	出谷率(%)
			鲜重	干重			
清水(CK)	19.80 ± 0.37c	19.07 ± 0.28e	17.40 ± 0.63b	11.18 ± 0.50b	7.20 ± 0.51b	2.61 ± 0.01c	64.46 ± 0.15b
赤霉素	21.21 ± 0.49bc	20.39 ± 0.42d	17.60 ± 0.75b	11.25 ± 0.92b	8.53 ± 0.55ab	3.06 ± 0.03b	75.82 ± 0.48ab
吲哚丁酸	21.83 ± 0.80bc	26.83 ± 0.44a	20.60 ± 0.90a	15.03 ± 0.41a	12.66 ± 1.53a	3.19 ± 0.06a	84.29 ± 0.66a
糠氨基嘌呤	21.79 ± 0.37bc	24.66 ± 0.34b	17.58 ± 0.13b	13.63 ± 0.63a	11.53 ± 0.75a	3.11 ± 0.09b	84.62 ± 0.55a
胺鲜酯	23.20 ± 1.07ab	26.45 ± 0.24a	19.92 ± 1.02a	13.85 ± 0.41a	11.73 ± 0.76a	3.22 ± 0.03a	84.70 ± 0.42a
芸苔素	24.45 ± 0.51a	23.27 ± 0.28c	18.58 ± 0.61ab	13.36 ± 0.47a	10.67 ± 1.74ab	3.21 ± 0.03a	79.93 ± 0.73ab

表5 朝谷58的农艺性状、根系指标与产量间相关性系数

性状	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	1																					
2	0.880*	1																				
3	0.257	0.058	1																			
4	0.168	-0.259	0.782	1																		
5	-0.029	-0.411	0.739	0.951**	1																	
6	-0.383	-0.741	0.384	0.756	0.786	1																
7	-0.431	-0.632	0.678	0.693	0.723	0.822*	1															
8	-0.553	-0.822*	-0.020	0.429	0.465	0.905*	0.632	1														
9	0.763	0.519	-0.028	0.219	-0.017	-0.175	-0.425	-0.230	1													
10	-0.322	-0.591	0.479	0.664	0.686	0.921**	0.869*	0.822*	-0.341	1												
11	0.814*	0.546	-0.014	0.267	0.124	-0.134	-0.489	-0.227	0.885*	-0.275	1											
12	0.646	0.598	0.601	0.281	0.122	-0.035	0.180	-0.236	0.160	0.263	0.190	1										
13	-0.464	-0.499	0.726	0.503	0.606	0.523	0.887*	0.282	-0.626	0.612	-0.653	0.147	1									
14	-0.344	-0.495	0.781	0.669	0.679	0.661	0.962**	0.414	-0.382	0.715	-0.501	0.233	0.938**	1								
15	-0.124	-0.257	0.663	0.587	0.690	0.253	0.462	-0.088	-0.122	0.105	-0.095	-0.152	0.657	0.592	1							
16	-0.396	-0.635	0.680	0.745	0.745	0.805	0.970**	0.596	-0.272	0.775	-0.403	0.083	0.847*	0.963**	0.562	1						
17	-0.372	-0.381	0.724	0.441	0.479	0.488	0.891*	0.283	-0.588	0.661	-0.673	0.355	0.952**	0.938**	0.442	0.825*	1					
18	-0.457	-0.805	0.362	0.747	0.784	0.895*	0.764	0.772	-0.078	0.685	-0.136	-0.316	0.541	0.676	0.522	0.842*	0.421	1				
19	-0.284	-0.589	0.739	0.860*	0.865*	0.842*	0.942**	0.585	-0.175	0.783	-0.241	0.105	0.806	0.926**	0.631	0.978**	0.753	0.875*	1			
20	-0.056	-0.427	0.761	0.935**	0.879*	0.771	0.817*	0.478	0.109	0.658	0.016	0.143	0.649	0.827*	0.654	0.903*	0.592	0.851*	0.957**	1		
21	0.167	-0.164	0.906*	0.935**	0.896*	0.569	0.693	0.179	0.142	0.498	0.135	0.300	0.647	0.761	0.783	0.767	0.567	0.653	0.859*	0.930**	1	
22	-0.287	-0.400	0.849*	0.653	0.704	0.552	0.901*	0.250	-0.434	0.620	-0.483	0.255	0.973**	0.970**	0.714	0.891*	0.934**	0.584	0.876*	0.776	0.794	1

1~22 分别代表株高、节间距、茎粗、叶面积、叶绿素含量、净光合速率、全株总生物量、干物质率、根总长、表面积、平均直径、根体积、根鲜重、根干重、穗长、穗粗、单穗鲜重、单穗干重、单穗粒重、出谷率、千粒重、产量；*、** 分别表示在 0.05、0.01 水平上显著、极显著相关

构成株高的节间长度有较为密切的关系^[12]。此外,植株茎粗的增加也可保证谷子的抗倒伏能力^[13]。通过叶面喷施外源赤霉素可以促进须弥红豆杉的生长,但是会导致其高径比增加,抗逆性减弱,这可能主要与赤霉素的生理机制有关^[14]。本研究中除赤霉素外,吡啶丁酸、糠氨基嘌呤、胺鲜酯、芸苔素均可不同程度抑制朝谷58底部节间距的伸长,并增加其茎粗,使谷子的抗倒伏能力得到提升。张飞雪等^[15]的研究结果表明,不同植物生长调节剂对小麦株高的提升效果不同。本研究中5种植物生长调节剂均不同程度地增加了朝谷58的株高,这与张义等^[16]的研究结果一致,以赤霉素处理的效果最为明显,赤霉素作为激素类药物,对植物最重要的作用就是通过促进植物茎的生长来增加其生物量,但应合理喷施,以免造成徒长。叶绿素是植物进行光合作用的主要色素。光合作用不仅影响作物的生长发育情况,同时也体现了作物抗逆性的强弱^[17]。本研究中植物生长调节剂较清水处理均可显著增加叶绿素含量,提高净光合速率,其中吡啶丁酸处理效果最明显。

低浓度的赤霉素可明显促进植物主根的伸长^[18]。研究表明,直径越小的根吸收能力越强,细根可以在更大范围吸收水分和养分以促进根系生长,进而改善地上部分的生长情况^[19]。本研究中,赤霉素处理对朝谷58株高、根总长起到有效的促进作用,同时增加了根系的平均直径,说明喷施赤霉素可能有利于植株的纵向生长;相反的是,吡啶丁酸对谷子茎粗、根系表面积的影响较大,但对节间距、根系平均直径具有抑制作用,这可能是由于吡啶丁酸处理促进了侧根增多,更有利于植株的横向生长。根系生物量是反映根系生长的重要指标之一,也是评估植物对外界环境适应能力的依据。本试验结果表明叶面喷施植物生长调节剂均能对朝谷58根鲜重、根干重起到有效的促进作用。

大豆上喷施不同植物生长调节剂对其单株粒数、百粒重、产量均有不同程度的提升^[20]。谷子产量的化控调节效应主要通过改变穗粒数来实现^[21]。何佳芳等^[22]的研究发现,水稻喷施吡啶丁酸处理的千粒重、有效穗数、穗实粒数都高于其余对照处理,喷施吡啶丁酸处理的理论产量最高。本研究与前人研究结果一致,喷施植物生长调节剂均显著提高了

朝谷58的产量。此外,吡啶丁酸、胺鲜酯处理的全株总生物量、穗粗、单穗重、单穗粒重、千粒重也显著高于CK。相关性分析结果表明,谷子产量与茎粗、全株总生物量、穗粗、单穗鲜重、单穗粒重、根系生物量存在显著或极显著正相关,与株高、节间距、根总长、平均直径存在负相关关系,若要提高谷子的产量,可着重观察这几个性状的发育情况。

本试验根据前人研究、植物生长调节剂施用说明与朝谷58生长习性确定试验中喷药时期与药剂浓度。从各个指标的数据上看,各处理间呈现显著差异,因此本试验设计的药剂喷施浓度相对合理。

综上,各植物生长调节剂在朝谷58生长发育与产量形成中发挥着不同的作用。5种供试植物生长调节剂对朝谷58生长发育与产量的影响整体上表现为吡啶丁酸>胺鲜酯>芸苔素>糠氨基嘌呤>赤霉素,增产幅度为7.01%~25.97%,其中吡啶丁酸、胺鲜酯对朝谷58增产的综合效果尤为明显,具有较高的应用价值。后续可进一步扩大植物生长调节剂种类、比例及构建不同植物生长调节剂组合,并可与施肥等高产栽培措施相结合,评价对谷子生长与产量的不同影响效果,为谷子增产、稳产构建高效生产技术体系奠定基础。

参考文献

- [1] 王佳琪. 植物生长调节剂在延缓谷子衰老中的应用. 晋中: 山西农业大学, 2019
- [2] 刁现民, 王立伟, 智慧, 张俊, 李顺国, 程汝宏. 谷子中矮秆资源创制、遗传解析和育种利用. 作物学报, 2024, 50(2): 265-279
- [3] 陈卫军, 魏益民, 张国权, 欧阳昭晖. 国内外谷子的研究现状. 杂粮作物, 2000, 20(3): 27-29
- [4] 高红顺, 谷博颖. 植物生长调节剂在作物中的应用现状及发展前景. 科技创新与应用, 2024, 14(5): 176-180
- [5] 张雪梅, 王雨熙, 朱沿舟, 肖云英, 林立金, 胡容平. 胺鲜酯对树番茄幼苗养分吸收和生理指标的影响. 云南农业大学学报: 自然科学, 2023, 38(4): 606-614
- [6] 杨共强, 李东梅, 徐洪乐, 孙兰兰, 吴仁海, 苏旺苍. 多种植物生长调节剂在紫花苜蓿上的应用效果比较. 中国植保导刊, 2023, 43(4): 65-68, 83
- [7] 杨坤, 王雨婷, 王帝, 李建英, 苗兴芬. S₃₃₀₇和GA对谷子农艺性状及产量的影响. 黑龙江农业科学, 2020(7): 75-80
- [8] 孙淑琴, 李月娇, 李广胜, 杨秀荣. 几种植物生长调节剂对水稻种子萌发及对秧苗素质的调控效应. 中国农学通报, 2023, 39(33): 1-7
- [9] 邢艳, 罗怀海, 田悦, 陈顺桃, 黄玲芝, 张伟. 糠氨基嘌呤对水稻产量

(下转第125页)

- [3] Kaur A, Shevkani K, Katyal M, Singh N, Ahlawat A K, Singh A M. Physicochemical and rheological properties of starch and flour from different durum wheat varieties and their relationships with noodle quality. *Journal of Food Science and Technology*, 2016, 53 (4): 2127-2138
- [4] Guo Q, He Z, Xia X, Qu Y, Zhang Y. Effects of wheat starch granule size distribution on qualities of Chinese steamed bread and raw white noodles. *Cereal Chemistry*, 2014, 91 (6): 623-630
- [5] Singh S, Singh N, Isono N, Noda T. Relationship of granule size distribution and amylopectin structure with pasting, thermal, and retrogradation properties in wheat starch. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2010, 58 (2): 1180-1188
- [6] 刘爱峰, 宋建民, 赵振东, 刘建军, 吴祥云, 李豪圣, 刘广田. 糯小麦配粉对面团流变学特性和面包烘烤品质的影响. *中国农业科学*, 2004, 37 (6): 902-907
- [7] 盛婧, 郭文善, 朱新开, 封超年, 彭永欣. 不同类型专用小麦籽粒淀粉及其组分积累动态. *扬州大学学报: 农业与生命科学版*, 2006, 27 (2): 31-35
- [8] Li C Y, Zhang R Q, Fu K Y, Li C, Li C. Effects of high temperature on starch morphology and the expression of genes related to starch biosynthesis and degradation. *Journal of Cereal Science*, 2017, 73 (8): 25-32
- [9] Wang Z B, Li W H, Qi J C, Shi P C, Yin Y G. Starch accumulation, activities of key enzyme and gene expression in starch synthesis of wheat endosperm with different starch contents. *Journal of Food Science and Technology*, 2014, 51 (3): 419-429
- [10] 纪建海, 王彦霞. 我国传统食品面条研究进展. *粮食加工*, 2013, 38 (1): 9
- [11] 田纪春. 谷物品质测试理论与方法. 北京: 科学出版社, 2006
- [12] 何照范. 粮油籽粒品质及其分析技术. 北京: 中国农业出版社, 1985
- [13] 付蕾, 田纪春, 高吉刚, 孙华. 抗性淀粉与小麦粉配粉对面包加工品质的影响. *中国粮油学报*, 2010, 25 (12): 6-9, 23
- [14] 付蕾, 田纪春, 盛锋, 李长城. 抗性淀粉对面条加工品质的影响. *中国粮油学报*, 2011, 26 (1): 20-24, 34
- [15] Morita N, Maeda T, Miyazaki M, Yamamori M, Miura H, Ohtsuka I. Dough and baking properties of high-amylose and waxy wheat flours. *Cereal Chemistry*, 2002, 79 (4): 491-495
- [16] 王红日, 王利民, 戴双, 刘爱峰, 曹新有, 宋健民. 小麦淀粉理化特性遗传改良研究进展. *山东农业科学*, 2013, 45 (8): 137-140
- [17] 申浩. 小麦面包面条优质兼用的淀粉理化特性研究. 泰安: 山东农业大学, 2017
- [18] 刘锐, 魏益民, 邢亚楠, 张波, 张影全. 小麦淀粉与面条质量关系的研究进展. *麦类作物学报*, 2013, 33 (5): 1058-1063
- [19] Baik B K, Lee M R. Effects of starch amylose content of wheat on textural properties of white salted noodles. *Cereal Chemistry*, 2003, 80 (3): 304-309
- [20] Stamova B. S, Laudencia-Chingcuanco D, Beckles D M. Transcriptomic analysis of starch biosynthesis in the developing grain of hexaploid wheat. *International Journal of Plant Genomics*, 2009: 407-426
- [21] Jobling S A, Jarman C, Teh M M, Holmberg N, Blake C, Verhoeven M E. Immunomodulation of enzyme function in plants by single-domain antibody fragments. *Nature Biotechnology*, 2003, 21: 77-80
- (收稿日期: 2024-04-08)

.....

(上接第 116 页)

- 及品质的影响. *中国农技推广*, 2021, 37 (8): 85-87
- [10] 聂乐兴, 姜兴印, 吴淑华, 李俊虎, 王燕, 戈大庆. 四种植物生长调节剂对高产玉米生理效应及产量影响. *山东农业大学学报: 自然科学版*, 2010, 41 (2): 216-220
- [11] 褚世海, 李林, 朱文达. 0.01% 芸苔素内酯水剂对水稻生长、产量和品质的影响. *湖北农业科学*, 2016, 55 (24): 6445-6448
- [12] 鱼冰星, 王宏富, 王振华, 张鹏, 成锴, 余爱丽, 闫海丽, 鱼冰洁. 多效唑对谷子茎秆特征及抗倒性的影响. *中国农业科技导报*, 2021, 23 (8): 37-44
- [13] 杨坤. 植物生长调节剂对谷子生长发育及产量的影响. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2020
- [14] 高文于, 杨红, 邢震, 柳文杰, 吕庆鑫, 顾琪, 余应鹏. 外源赤霉素对须弥红豆杉生长生理指标的影响. *四川林业科技*, 2024, 45 (1): 8-14
- [15] 张飞雪, 陈峰, 张书红, 马延东, 刘锐杰. 不同植物生长调节剂对冬小麦生长及产量的影响. *肥料与健康*, 2023, 50 (6): 58-61, 66
- [16] 张义, 刘云利, 刘子森, 韩帆, 严攀, 贺锋, 吴振斌. 植物生长调节剂的研究及应用进展. *水生生物学报*, 2021, 45 (3): 700-708
- [17] 张晓婷, 庄赞, 董家辉, 易晨歆, 周碧燕, 欧阳建忠. 芸苔素和植物油混合喷施对低温下荔枝和莲雾光合作用影响. *中国南方果树*, 2023, 52 (6): 76-84
- [18] 郭晓丽, 白丽荣, 时丽冉, 吕亚慈, 李明哲. 谷子矮秆突变体对外源赤霉素的响应研究. *种子*, 2019, 38 (6): 105-106, 110
- [19] 陈大刚, 徐开未, 彭丹丹, 游浩宇, 杨然, 廖慧苹, 陈远学. 不同水分处理对基质栽培对萼猕猴桃幼苗生长及养分吸收的影响. *浙江农业学报*, 2023, 35 (12): 2854-2864
- [20] 罗晓峰, 代宇佳, 宋艳, 吕昊哲, 雍太文, 王小春, 刘卫国, 舒凯. 三种植物生长调节剂对大豆生长发育及产量的影响. *核农学报*, 2021, 35 (4): 980-988
- [21] 闫锋, 董扬, 赵富阳, 侯晓敏, 李清泉, 王立达, 胡继芳, 范国权, 刘凯. 植物生长调节剂对谷子生长发育的调控效应. *华北农学报*, 2023, 38 (1): 112-118
- [22] 何佳芳, 苟久兰, 肖厚军, 赵欢. 不同生长调节剂对中产稻田水稻根系特性及产量的影响. *农技服务*, 2014, 31 (6): 110-111
- (收稿日期: 2024-03-05)