

不同叶龄期剪叶对春玉米籽粒灌浆及产量的影响

石生辉^{1,2}, 王吉¹, 朱敏^{1*}, 李凤海^{1*}

(1. 沈阳农业大学特种玉米研究所, 沈阳 110866; 2. 辽源市农业科学院, 吉林 辽源 136299)

摘要:本研究以紧凑型玉米郑单958和半紧凑型玉米良玉99为试材,研究不同叶龄期剪叶对春玉米籽粒灌浆及产量的影响。结果表明,不同叶龄期剪叶处理生理成熟时间较对照推迟1~2 d。剪叶延缓生育后期叶片衰老,延长叶面积指数(LAI)高值持续期,有效提高功能叶SPAD值。剪叶可降低郑单958株高和穗位高。但对良玉99株高调控不明显。剪叶处理减缓了玉米的灌浆过程,但籽粒灌浆积累起始势均大于对照。不同品种不同叶龄期剪叶后的增产效果不同,郑单958在6叶期剪叶增产效果最佳,较对照显著增加9.09%,而良玉99则在3叶期或7叶期剪叶增产效果显著,分别增产4.65%和6.33%。相关性分析表明,单穗重、穗粒数与产量呈显著正相关。由此可知,剪叶能延缓叶片衰老,提高生育后期功能叶SPAD值,保证籽粒灌浆期较高的源叶面积,增大籽粒灌浆积累起始势,延长有效灌浆时间,使得成熟期籽粒质量显著增加,从而获得较高的群体产量。

关键词:春玉米;剪叶;籽粒灌浆;产量

中图分类号: S513.04

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2024)01-0019-08

Effect of Different Leaf-Cutting Treatments on Grain Filling and Yield of Spring Maize

SHI Shenghui^{1,2}, WANG Ji¹, ZHU Min^{1*}, LI Fenghai^{1*}

(1. Specialty Corn Institute, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866; 2. Liaoyuan Academy of Agricultural Sciences, Liaoyuan 136299, China)

Abstract: In this study, Zhengdan 958 and Liangyu 99 were used as experimental materials to study the effects of leaf cutting at different leaf ages on spring maize. The results showed that the physiological maturity time of the treatment with different leaf ages was delayed by 1-2 days. The results also showed that leaf cutting could delay leaf senescence, prolong the duration of LAI high value, and effectively improve the SPAD of functional leaves. The plant height and ear height of Zhengdan 958 were decreased by leaf cutting. However, the control of Liangyu 99 plant height was not significant. The leaf cutting treatment slowed down the grain filling process, but the initial grain filling accumulation potential was greater than that of the control. The results showed that Zhengdan 958 was suitable for 6-leaf stage. The yield was significantly increased by 9.09% compared with the control, while Liangyu 99 was suitable for 3-leaf or 7-leaf stage. The yield increased by 4.65% and 6.33% respectively. Correlation analysis showed that the weight per spike and the number of grains per ear were significantly positively correlated with yield. Therefore, leaf cutting can delay leaf senescence, increase SPAD of functional leaves in later growth stage, ensure higher source leaf area at grain filling stage, increase grain filling accumulation initial potential, prolong effective filling time, and significantly increase grain quality at mature stage, so as to obtain higher population yield.

Key words: Spring maize; Leaf-cutting; Grain filling; Yield

收稿日期: 2023-01-05

基金项目: 国家重点研发计划项目(2017YFD0300700, 2018YFD0300300)

作者简介: 石生辉(1994-),男,助理农艺师,硕士,主要从事玉米高产栽培研究。

通讯作者: 朱敏,女,博士,副教授, E-mail: xiaozhu211@syau.edu.cn

李凤海,男,博士,教授, E-mail: lifenghai@126.com

玉米是我国主要的粮食作物和饲料作物,探索玉米高产高效栽培技术具有重要意义,优化栽培管理措施,有利于挖掘玉米产量潜力^[1]。增加密度是提高群体产量的主要措施^[2]。但是密度过高会导致植株个体间竞争加剧^[3-4]。研究发现增密使得个体间相互荫蔽,株高与穗位高增加,植株徒长,易倒伏,进而影响籽粒灌浆^[5-8]。因此,改

善密植群体微环境,促进籽粒灌浆进程,增加籽粒质量是目前玉米高产栽培的关键。

近年来,多次出现玉米苗期剪叶增产技术的报道,剪叶增产技术是否与玉米的品种特性、气候条件、种植方式、剪叶时期有密切联系都尚无定论。目前研究认为苗期剪叶可引发玉米幼苗受损后的补偿性生长,使剪叶后的植株对获取的能量和碳水化合物进行合理分配和利用,提高能量和物质的利用效率^[9]。补偿性生长是植物受机械胁迫之后引发的一种积极反应。牧草在栽培应用中会通过多次刈割不断地刺激植株进行补偿性生长从而获取更高的生物产量^[10]。研究发现早期剪叶调节了玉米的生长发育进程同时产量得以提高^[11]。曹彩云等^[12]研究发现玉米幼苗剪叶后能够迅速恢复生长,并能够明显地降低株高与穗位高,配合适当的密度可实现增产。但对于该技术的增产原理及效果尚不明确^[13-14]。剪叶对玉米生长发育的影响研究多集中于对产量的影响上^[12],而通过剪叶调控改善玉米群体结构、促进籽粒灌浆进程的研究较少。因此,本研究在密植条件下,通过不同叶龄期剪叶处理,探讨两种不同株

型的密植玉米增产的生理机制,为提高密植群体产量能力探讨新的技术,同时也对玉米幼苗期剪叶技术进行完善,筛选最佳剪叶时期,为玉米幼苗期剪叶技术的推广与应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试春玉米品种为郑单958(紧凑型)和良玉99(半紧凑型)。

1.2 试验设计

本试验于2019年在沈阳农业大学农学院试验基地进行。试验采用双因素裂区设计,品种为主因素,不同叶龄期剪叶为副因素,8行区,行长10 m,重复3次。种植密度67 500株/hm²。每个品种设置5个剪叶处理,分别在玉米3叶期、4叶期、5叶期、6叶期、7叶期进行剪叶。剪叶以不破坏植株的生长点为原则,如表1所示,具体方法为3、4叶期从第二位叶片叶环处以上全部割掉,5、6、7叶期从第二位叶片叶环处依次向上平移一个叶位进行剪叶,以不剪叶作为对照。玉米生育期内气象数据见图1。

表1 剪叶处理后剩余叶片数

| 品种 | 对照(CK) | 3叶期(J3) | 4叶期(J4) | 5叶期(J5) | 6叶期(J6) | 7叶期(J7) |
|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 郑单958 | 不剪叶 | 1片叶 | 1片叶 | 2片叶 | 3片叶 | 4片叶 |
| 良玉99 | 不剪叶 | 1片叶 | 1片叶 | 2片叶 | 3片叶 | 4片叶 |

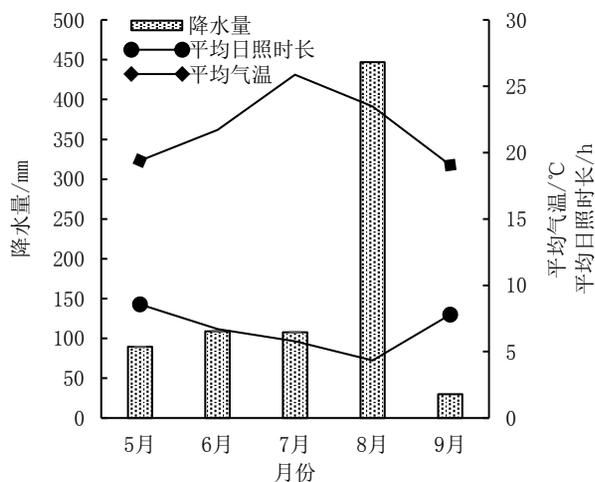


图1 玉米生育期内的气象条件

1.3 测定项目与方法

1.3.1 生育进程记载

记录不同处理玉米的生育时期。

1.3.2 叶面积

选取小区内生长均匀、连续一致的10株玉米

进行标记,于不同生育时期测量叶长和叶宽,计算单株叶面积,计算公式:单株叶面积=叶长×叶宽×0.75(式中0.75为矫正系数)。

叶面积指数(LAI)=单株叶面积×单位土地面积内的株数/单位土地面积。

1.3.3 功能叶SPAD值

选取小区内标记的玉米植株,于不同生育时期采用SPAD叶绿素仪测定。

1.3.4 株高、穗位高

选取小区内标记的玉米植株,用直尺测量各生育时期玉米苗的株高,在灌浆期测量玉米的穗位高。

1.3.5 灌浆动态

在玉米植株吐丝前,每个小区选取长势相同植株进行雌穗套袋,待吐丝整齐后进行统一授粉。自授粉之日起,每隔7 d取样1次,直至玉米达到生理成熟,生理成熟时期以玉米果穗中下部籽粒乳线完全消失为依据。每次取样3个果穗。每穗取中部100粒,装入准备好的铝盒中称其鲜

质量,随后放在 105 ℃的烘箱中杀青 1 h,之后在 80 ℃下烘干至恒重,称其干质量。

籽粒灌浆过程模拟采用 Richards 曲线^[15],计算相应的灌浆特征参数,对籽粒灌浆过程进行模拟分析。

1.3.6 产量及产量构成因素

在玉米达到生理成熟后选取小区中间 4 行进行收获测产,在小区内选择大小均匀具有代表性的玉米果穗进行室内考种,测量玉米穗长、穗粗、穗行数、行粒数、秃尖长、百粒重等指标,考种后进行人工脱粒,测量玉米粒重以及含水量,并按

照 14% 标准含水量折算产量。

1.4 数据处理与分析

利用 Microsoft Excel 2016 和 SPSS 19.0 软件进行数据统计和数据分析,采用 CurveExpert 1.4 软件进行 Richards 方程模拟。

2 结果与分析

2.1 不同叶龄期剪叶对春玉米生长发育的影响

2.1.1 生育进程

由表 2 可以看出,两品种不同剪叶处理生理成熟时间均较对照推迟 1~2 d。

表 2 不同叶龄期剪叶对春玉米生育时期的影响

月.日

| 品种 | 处理 | 出苗期 | 拔节期 | 大喇叭口期 | 抽雄吐丝期 | 灌浆期 | 成熟期 |
|--------|-------|------|------|-------|-------|------|------|
| 郑单 958 | CK | 5.12 | 6.5 | 6.25 | 7.11 | 7.28 | 9.18 |
| | J3 | 5.12 | 6.7 | 6.27 | 7.13 | 7.30 | 9.18 |
| | J4 | 5.12 | 6.10 | 6.30 | 7.17 | 8.4 | 9.20 |
| | J5 | 5.12 | 6.8 | 6.27 | 7.16 | 8.2 | 9.19 |
| | J6 | 5.12 | 6.7 | 6.27 | 7.15 | 8.2 | 9.19 |
| | J7 | 5.12 | 6.6 | 6.25 | 7.13 | 7.30 | 9.18 |
| | 良玉 99 | CK | 5.12 | 6.5 | 6.25 | 7.13 | 7.30 |
| J3 | | 5.12 | 6.6 | 6.27 | 7.16 | 8.2 | 9.18 |
| J4 | | 5.12 | 6.9 | 6.30 | 7.19 | 8.6 | 9.20 |
| J5 | | 5.12 | 6.7 | 6.27 | 7.17 | 8.4 | 9.19 |
| J6 | | 5.12 | 6.7 | 6.27 | 7.17 | 8.4 | 9.19 |
| J7 | | 5.12 | 6.6 | 6.25 | 7.15 | 8.2 | 9.18 |

2.1.2 叶面积

由图 2 可以看出,苗期剪叶后短期内会影响植株 LAI,但随着叶片补偿性生长的加快,剪叶处理后期也能维持较高的叶面积指数。郑单 958 和良玉 99 在不同时期剪叶处理后,在拔节期与大喇叭口期,除 7 叶期剪叶外,不同处理的叶面积指数均低于对照。郑单 958 在灌浆期,4 叶期、5 叶期剪叶处理 LAI 显著高于对照,其他处理与对照无显著差异。良玉 99 则表现为:在吐丝期与灌浆期,4 叶期剪叶处理叶面积指数最小,但与对照无显著差异。在吐丝期及以后各时期,7 叶期剪叶处理叶面积指数最大,显著高于对照。

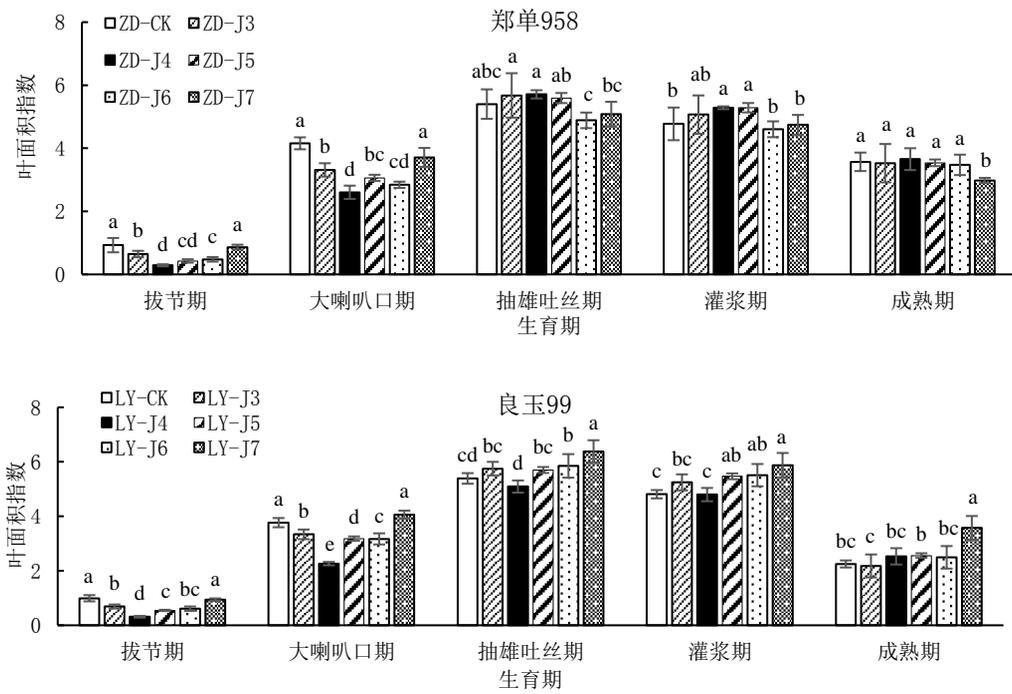
2.1.3 功能叶 SPAD 值

由图 3 可以看出,拔节期郑单 958 不同剪叶处理下功能叶 SPAD 值与对照相比均有所降低,总体趋势表现为 CK>J7>J3>J6>J5>J4, J4 处理降低最为显著,可能是由于 4 叶期剪叶后,植株恢复生长

过程最为缓慢导致的。J7 处理由于提高了剪叶高度,补偿性生长快,因在拔节期 SPAD 值高于其他剪叶处理。灌浆期各剪叶处理 SPAD 值与对照相比差异均不显著。而良玉 99 在拔节期,除 4 叶期剪叶 SPAD 值显著降低外,其他处理与对照差异不显著。生育后期 J4 处理 SPAD 值逐渐增加,与对照相比差异不显著。

2.1.4 株高与穗位高

由图 4 可以看出,两品种在不同生育时期,剪叶处理后的植株高度较对照均有不同程度的降低。其中,郑单 958 在大喇叭口期与抽雄吐丝期较为明显,剪叶处理后株高显著低于对照,较对照降低幅度为 15.3~53.9 cm。良玉 99 经剪叶处理后在拔节期与大喇叭口期株高均显著低于对照,但在大喇叭口期之后随着生长发育进程的推进,株高与对照差距逐渐缩小。在抽雄吐丝期,剪叶处理后良玉 99 株高降低了 2.3~60.9 cm。



注:小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$),下同

图2 不同叶龄期剪叶对春玉米叶面积指数的影响

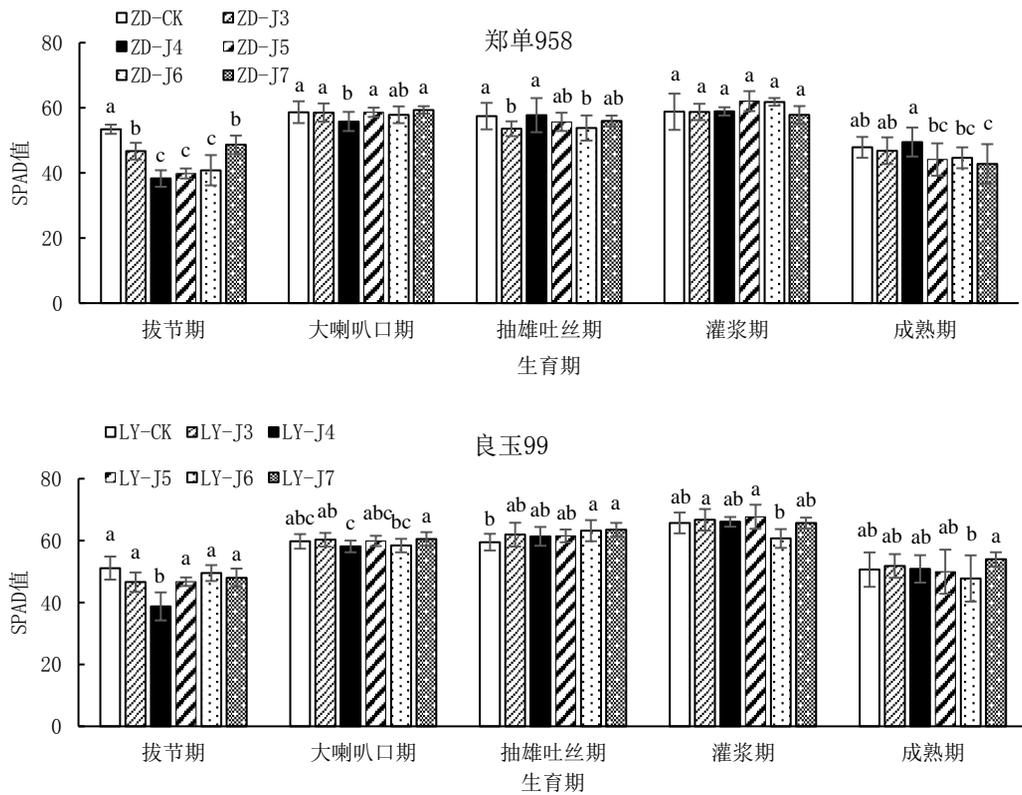


图3 不同叶龄期剪叶对春玉米功能叶SPAD值的影响

由图5可以看出,两品种的穗位高较对照也表现为不同程度的降低。郑单958经过剪叶处理后穗位高

降低幅度为10.4~43.8 cm,与对照差异显著。良玉99剪叶处理后穗位高降低幅度较小,仅为2.4~7.6 cm。

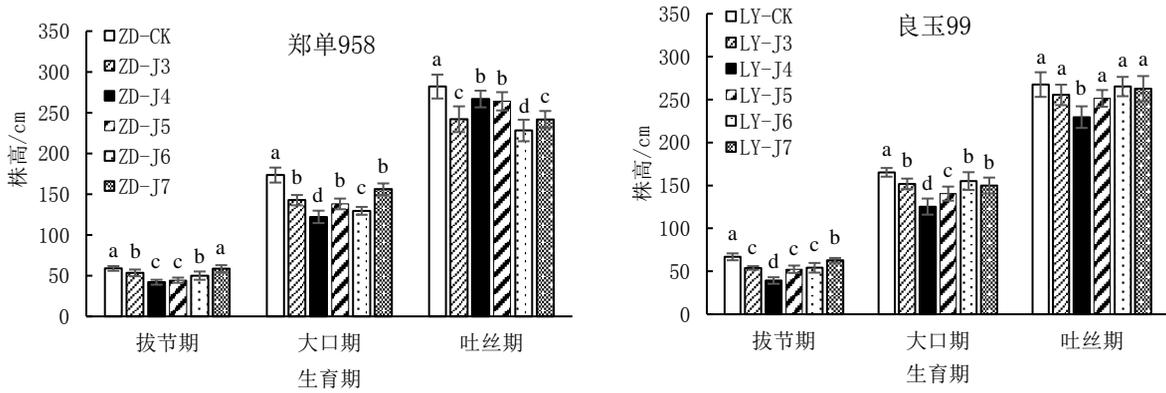


图4 不同叶龄期剪叶对春玉米株高的影响

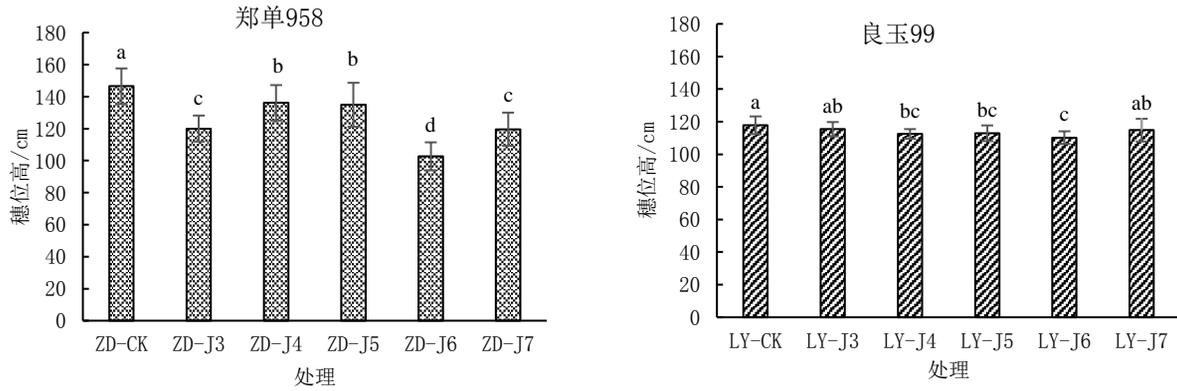


图5 不同叶龄期剪叶对春玉米穗位高的影响

2.2 不同叶龄期剪叶对春玉米灌浆动态的影响

如图6所示,两品种不同处理下籽粒灌浆速

率呈单峰曲线变化。郑单958对照处理的灌浆速率达到最大时的时间明显早于剪叶处理,且最大

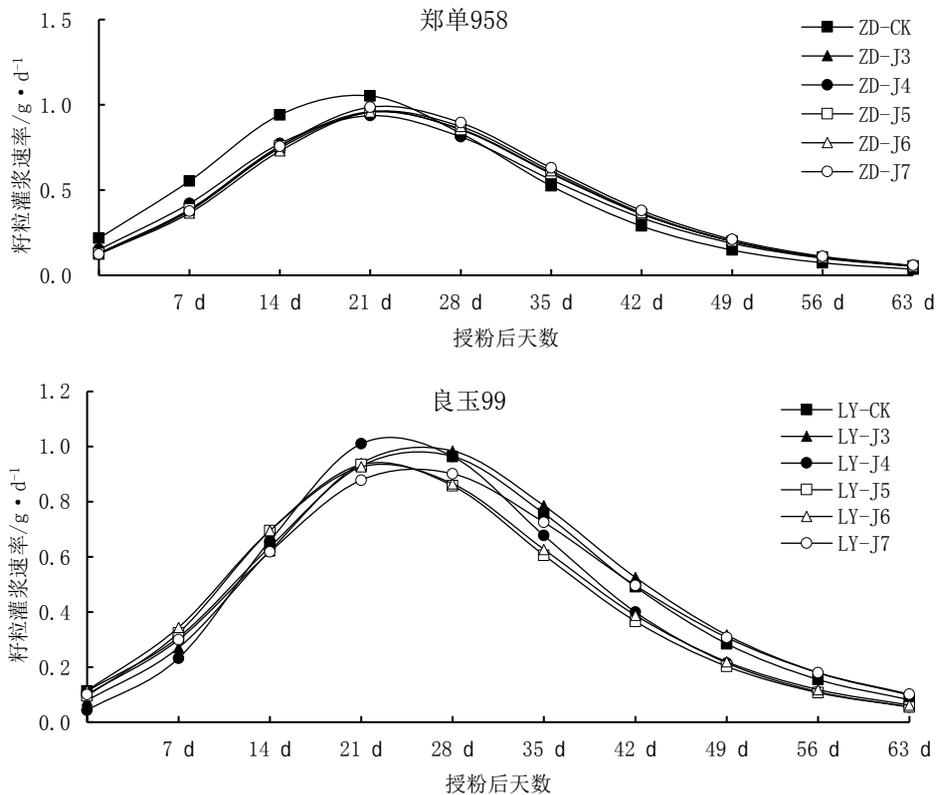


图6 不同叶龄期剪叶对春玉米灌浆速率的影响

灌浆速率高于剪叶处理。良玉99表现为4叶期、5叶期、6叶期剪叶处理提前进入灌浆速率最大时的时间,但整体来看灌浆速率变化趋势一致。分析不同叶龄期剪叶对春玉米灌浆参数的影响(表3)可以得出,两品种剪叶处理的籽粒灌浆积累起始势均大于对照(郑单958的J3处理除外),说明

灌浆启动较早。郑单958剪叶处理后灌浆速率最大时的时间均明显增加。灌浆速率最大时的生长量与平均灌浆速率均显著低于对照,灌浆活跃期与有效灌浆时间则显著高于对照。良玉99 3叶期和7叶期剪叶处理后灌浆活跃期和有效灌浆时间较对照有所增加,但差异不显著。

表3 不同叶龄期剪叶对春玉米灌浆参数的影响

| 品种 | 处理 | R_0 | T_{max} | G_{max} | W_{max} | G_{mean} | P/d | t_3/d |
|-------|------|--------|-----------|-----------|-----------|------------|----------|----------|
| 郑单958 | CK | 0.24b | 20.78d | 1.03a | 14.55a | 0.70a | 42.84c | 66.31c |
| | J3 | 0.24b | 21.75c | 0.92d | 13.56bc | 0.63d | 45.05b | 69.82ab |
| | J4 | 0.28a | 21.66c | 0.93d | 13.14c | 0.63d | 45.25ab | 70.25ab |
| | J5 | 0.26ab | 21.90bc | 0.93cd | 13.39bc | 0.63cd | 45.56ab | 70.66ab |
| | J6 | 0.25ab | 22.65ab | 0.96b | 13.51bc | 0.65bc | 45.12ab | 68.99b |
| | J7 | 0.26ab | 22.86a | 0.96bc | 13.80b | 0.65b | 46.36a | 71.31a |
| | 良玉99 | CK | 0.20c | 26.14a | 0.95a | 14.99a | 0.64a | 50.00abc |
| 良玉99 | J3 | 0.26b | 26.21a | 0.94ab | 14.57a | 0.63ab | 52.28a | 79.90a |
| | J4 | 0.31a | 24.57cd | 0.89ab | 12.88c | 0.61ab | 49.50bc | 75.87ab |
| | J5 | 0.28ab | 23.52d | 0.89ab | 12.75c | 0.60ab | 47.55c | 72.99b |
| | J6 | 0.26b | 24.88bc | 0.88b | 13.25c | 0.59b | 49.82abc | 76.27ab |
| | J7 | 0.27b | 25.77ab | 0.90ab | 13.99b | 0.61ab | 52.06ab | 79.90a |

注: R_0 为积累起始势; G_{max} 为最大灌浆速率; T_{max} 为灌浆速率最大时的时间; W_{max} 为灌浆速率最大时的生长量; G_{mean} 为平均灌浆速率;P为灌浆活跃期; t_3 为有效灌浆时间

2.3 不同叶龄期剪叶对春玉米产量及产量构成因素的影响

2.3.1 产量

由表4可以看出,不同叶龄期剪叶处理对两个玉米品种产量的调控效果不同。与对照相比,郑单958在6叶期剪叶增产幅度最大,较对照显著增产9.09%。而5叶期与7叶期剪叶产量分别比对照增产3.90%与3.91%,但差异未达到显著水平。良玉99不同叶龄期剪叶处理后,则表现为3叶期与7叶期剪叶处理分别比对照显著增产4.65%和6.33%。产量结果方差分析表明,品种、剪叶处理以及品种与剪叶处理互作对产量的影响均达到显著或极显著差异。

2.3.2 产量构成因素

由表5可看出,与对照相比,郑单958在3叶期与4叶期剪叶处理后穗长略有降低,穗粗、穗行数、行粒数、百粒重等与对照均无显著差异,6叶期剪叶处理后穗粒数明显高于对照,穗长、穗粗、穗行数、行粒数、单穗重均高于对照,但无显著差异。良玉99剪叶处理后穗行数均明显低于对照,穗长与行粒数均高于对照,且3叶期与7叶期穗长与行粒数与对照差异显著。各处理穗粒数、百粒重与对照无显著差异。与其他处理

相比,5叶期剪叶穗粗与单穗重、百粒重较小。5叶期剪叶产量表现最差,7叶期剪叶产量表现最好(表4)。

表4 不同叶龄期剪叶对春玉米产量的影响

| 品种 | 处理 | 产量/kg·667 m ⁻² | 增产/% |
|-------|------|---------------------------|---------|
| 郑单958 | CK | 818.97bc | -- |
| | J3 | 773.55d | -5.55 |
| | J4 | 814.45c | -0.55 |
| | J5 | 850.91b | 3.90 |
| | J6 | 893.41a | 9.09 |
| | J7 | 851.02b | 3.91 |
| | 良玉99 | CK | 848.61b |
| J3 | | 888.06a | 4.65 |
| J4 | | 818.48c | -3.55 |
| J5 | | 796.80c | -6.11 |
| J6 | | 855.62b | 0.83 |
| J7 | | 902.33a | 6.33 |
| 品种 | | | * |
| 处理 | | ** | |
| 品种×处理 | | ** | |

注:同品种同列小写字母不同表示差异达显著水平($P<0.05$),“*”表示差异达显著水平($P<0.05$),“**”表示差异达极显著水平($P<0.01$),下同

表5 不同叶龄期剪叶对春玉米产量构成因素的影响

| 品种 | 处理 | 穗长/cm | 穗粗/cm | 穗行数 | 行粒数 | 单穗重/g | 穗粒数 | 百粒重/g |
|-------|------|--------|--------|-------|---------|----------|---------|--------|
| 郑单958 | CK | 16.6a | 4.93a | 15.0a | 36.5ab | 211.85ab | 547bc | 34.9a |
| | J3 | 15.8b | 4.93a | 15.2a | 35.0b | 199.40b | 531c | 34.1a |
| | J4 | 16.1b | 4.90a | 15.6a | 36.6ab | 213.35ab | 569abc | 33.9a |
| | J5 | 16.6a | 4.93a | 15.4a | 37.8a | 213.80ab | 578ab | 33.6a |
| | J6 | 16.8a | 4.97a | 15.8a | 38.0a | 222.55a | 594a | 34.5a |
| | J7 | 16.6a | 4.90a | 15.2a | 37.6a | 207.95ab | 565abc | 33.3a |
| | 良玉99 | CK | 16.3b | 5.10a | 19.0a | 34.1c | 216.75a | 636a |
| J3 | | 16.8a | 5.03ab | 18.0b | 36.4ab | 218.70a | 643 a | 32.2ab |
| J4 | | 16.6ab | 4.93bc | 18.0b | 35.8abc | 212.30ab | 635 a | 31.3ab |
| J5 | | 16.4ab | 4.83c | 17.8b | 35.0bc | 196.50b | 613 a | 30.1b |
| J6 | | 16.7ab | 5.03ab | 18.0b | 35.8abc | 222.90a | 634 a | 33.0ab |
| J7 | | 16.8a | 5.00ab | 17.8b | 37.0a | 232.05a | 647 a | 33.6a |

2.3.3 产量与穗部性状相关分析

对两个不同株型玉米品种产量及穗部性状进行相关分析(表6),结果表明,紧凑型玉米品种郑单

958穗长、行粒数、单穗重、穗粒数与产量呈极显著或显著正相关。半紧凑型玉米品种良玉99单穗重、穗粒数、百粒重与产量呈极显著正相关。

表6 不同剪叶处理下产量与产量构成因素相关性分析

| 品种 | 穗长 | 穗粗 | 行粒数 | 单穗重 | 穗粒数 | 百粒重 |
|-------|--------|------|--------|--------|--------|--------|
| 郑单958 | 0.89** | 0.46 | 0.95** | 0.85* | 0.92** | -0.05 |
| 良玉99 | 0.71 | 0.66 | 0.64 | 0.89** | 0.89** | 0.88** |

3 讨论与结论

3.1 讨论

苗期剪叶会对玉米生长发育进程以及农艺性状产生一定的影响,本试验结果表明,玉米幼苗剪叶处理后会进行补偿性生长,但各生育时期均有所推迟。这与郭智慧等^[16]在不同类型玉米的试验结果表现一致。叶面积指数(LAI)与功能叶叶绿素含量是影响植株光合作用和干物质积累的重要指标,可在一定程度上反映出作物群体同化能力^[17]。两品种的功能叶SPAD值与LAI均随着生育时期的推进呈先上升后下降的趋势,在灌浆期达到最大值。经过剪叶处理后玉米叶片数迅速减少,生育时期推迟,导致在玉米生长发育前期,剪叶处理降低了叶面积指数和功能叶SPAD值,但随着生育时期的推进,郑单958不同剪叶处理LAI和SPAD值与对照相比差异不显著。倒伏问题一直是限制玉米高产的重要因素之一,株高与穗位高的降低对于防止倒伏具有积极作用^[18]。本研究结果表明,不同叶龄期剪叶处理后降低株高与穗位高,但不同品种、不同处理间降低幅度不同,这与张凤路等^[19]在春玉米上的试验结果一致。

灌浆期是玉米籽粒建成的最重要的时期,玉米籽粒产量主要是由单位面积籽粒数和粒重共同决定,粒重主要由灌浆速率与有效灌浆时间共同决定^[20]。本研究结果表明,两品种灌浆速率变化趋势相同,均呈现单峰曲线变化。剪叶处理减缓了玉米的灌浆过程,但籽粒灌浆积累起始势均大于对照。一定范围内适当延长生育期可增加光能利用时间,提高产量^[21]。剪叶后虽然各处理平均灌浆速率低于对照,但延长有效灌浆时间可弥补与对照间的差距。由试验结果可以看出各处理平均灌浆速率总体偏低,且辽宁地区在8月份受台风影响降雨量较大,平均气温与平均日照时长较低,高强度的降雨与低温、低日照可能会影响玉米的灌浆速率^[22]。

刘玉兰等^[23]研究发现,剪叶能促进春玉米穗部性状正向生长,并使产量明显提高。丰光等^[13]在试验中发现,剪叶后提高了玉米苗的整齐度,并提高了抗逆能力,促使产量提高。但曹彩云等^[12]在剪叶对玉米生长发育影响的研究中发现,剪叶后均有不同程度的减产,剪叶技术应配合高密度种植才可实现增产。本研究结果表明,不同品种不同叶龄期剪叶后的增产效果不同,郑单

958在6叶期剪叶增产效果最佳,良玉99在3叶期或7叶期剪叶增产效果显著。不同品种剪叶处理的差异,可能是由于品种特性与气候条件不同所导致^[24]。目前剪叶后在产量上表现出品种与地区的差异性,使得增产效果仍有许多不确定性,具体机理还需进一步研究。

3.2 结论

不同叶龄期剪叶处理可延缓叶片衰老,延长LAI高值持续期,有效提高功能叶SPAD值,为籽粒灌浆提供充足的光合产物。在籽粒形成和灌浆阶段,两品种剪叶处理均保持较高籽粒灌浆积累起始势,郑单958剪叶处理后灌浆速率最大时间、灌浆活跃期与有效灌浆时间显著高于对照。良玉99则在3叶期和7叶期剪叶处理后灌浆活跃期和有效灌浆时间较对照有所增加。使得郑单958在6叶期剪叶增产效果最佳,而良玉99则在3叶期或7叶期剪叶增产效果显著。剪叶能延缓叶片衰老,提高生育后期功能叶SPAD值,保证籽粒灌浆期较高的源叶面积,增大籽粒灌浆积累起始势,延长有效灌浆时间,最终获得较高的籽粒产量。

参考文献:

- [1] 赵阳佳,王 晔,张震东,等.种植密度与施氮量对春玉米产量和品质的影响[J].东北农业科学,2020,45(1):17-20,67.
- [2] 周 超,马宝新,刘海燕,等.增密减氮对嫩单18产量和氮素利用率的影响[J].东北农业科学,2019,44(2):7-12.
- [3] Maddonni G A, Otegui M E, Cirilo A G, et al. Plant population density, row spacing and hybrid effects on maize canopy architecture and light attenuation[J]. Field Crops Research, 2001, 71(3): 183-193.
- [4] Matthijs T, Alberto A, Nissanka S P. Grain yield is reduced more by weed interference in an old than in a new maize hybrid [J]. Agronomy Journal, 1997, 89(2): 239-246.
- [5] 刘志铭,盖旭东,李宝玉,等.化控对高密度春玉米抗倒伏能力及产量的影响[J].东北农业科学,2019,44(6):1-5.
- [6] 宫 帅.种植密度对玉米耐密性状的影响[J].安徽农业科学,2018,46(30):47-50.
- [7] 侯 月,王 冲,王鹏文.种植密度对玉米产量和相关生理特性影响的研究[J].天津农学院学报,2016,23(1):18-22.
- [8] Tokatlidis I S, Has V, Melidis V, et al. Maize hybrids less dependent on high plant densities improve resource-use efficiency in rainfed and irrigated conditions[J]. Field Crops Research, 2011, 120(3):345-351.
- [9] 赵 明,李建国,张 宾.论作物高产挖潜的补偿机制[J].作物学报,2006,32(10):1566-1573.
- [10] Belsky A J, Carson W, Jensen C, et al. Overcompensation by plants: Herbivore optimization or red herring? [J]. Evolutionary Ecology, 1993,7(1): 109-121.
- [11] Hicks D R, Crookston R K. Defoliation boosts corn yield[J]. Crops and Soils, 1976, 29(3): 12-13.
- [12] 曹彩云,党红凯,郑春莲,等.刈割对玉米生长发育及产量的影响[J].玉米科学,2019,27(4):100-108.
- [13] 丰 光,王孝杰,王秀凤.玉米割苗处理对植株主要性状和产量的影响[J].辽宁农业科学,2018(6):79-81.
- [14] 刘 哲.苗期刈割、品种和密度对玉米产量、品质及生长发育的影响[D].哈尔滨:东北农业大学,2019.
- [15] 邢黎峰,孙明高,王元军.生物生长的Richards模型[J].生物数学学报,1998,13(3):348-353.
- [16] 郭智慧,董树亭,王空军,等.刈割对不同类型玉米再生分蘖及产量和品质的影响[J].玉米科学,2008,16(3):104-108.
- [17] 王冬冬.剪叶对玉米干物质积累及产量的影响[D].长春:吉林农业大学,2016.
- [18] 李树岩,马 玮,彭记永.大喇叭口及灌浆期倒伏对夏玉米产量损失的研究[J].中国农业科学,2015,48(19):3952-3964.
- [19] 张凤路,苏宝健,宗玉华,等.玉米割苗处理对产量和植株性状影响研究初报[J].农业科技通讯,2016(11):129-132.
- [20] 万泽花,任佰朝,赵 斌,等.不同熟期夏玉米品种籽粒灌浆与脱水特性及其密度效应[J].作物学报,2018,44(10):99-108.
- [21] 王晓慧,张 磊,刘双利,等.不同熟期春玉米品种的籽粒灌浆特性[J].中国农业科学,2014,47(18):3557-3565.
- [22] 张建平,赵艳霞,王春乙,等.不同发育期低温冷害对玉米灌浆和产量影响模拟[J].中国农学通报,2012,28(36):176-182.
- [23] 刘玉兰,陈殿元,郑玉石,等.割苗和密度互作对春玉米生长发育及产量的影响[J].河南农业科学,2019,48(9):7-13.
- [24] 戴明宏,陶洪斌, Binder J, 等.春、夏玉米物质生产及其对温光资源利用比较[J].玉米科学,2008,16(4):88-91,96.

(责任编辑:范杰英)