

化控剂玉黄金对春玉米抗倒伏性状及产量的影响

张佳琪, 王明杰, 谢世兴, 武敏桦, 卢海博*, 赵海超, 黄智鸿

(河北北方学院/河北省农产品食品质量安全分析检测重点实验室/张家口市特色农产品质量安全重点实验室, 河北张家口 075000)

摘要 为研究化控剂玉黄金对不同种植密度下春玉米抗倒伏能力及产量的影响。以京农科 828 为试验材料, 于玉米 10 叶期喷施玉黄金, 分析玉黄金施用对玉米植株的生长指标、茎秆力学指标和产量的影响。结果表明, 施用玉黄金能够降低株高、穗位高, 缩短节间长度, 提高穿刺强度和抗压强度, 从而提高抗倒伏能力, 实现增产。玉黄金处理后, 京农科 828 品种在 60 000 株/hm² 密度下产量分别比清水对照高 6.04%、17.09% 和 20.64%; 在 67 500 株/hm² 密度下产量分别比对照高 4.53%、13.77% 和 15.55%; 在 75 000 株/hm² 密度下产量分别比对照高 7.83%、15.84% 和 27.93%。化控剂玉黄金可以提高玉米茎秆的压碎强度和穿刺强度, 改善春玉米茎秆农艺性状和植株生长指标, 提高茎秆抗倒伏能力, 增加玉米产量, 易于机械收获, 为春玉米区玉米高产及实现全程机械化奠定基础。

关键词 春玉米; 玉黄金; 抗倒伏; 农艺性状; 产量

中图分类号 S482.8 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2023)09-0132-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2023.09.033



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effect of Chemical Regulator of Yuhuangjin on Lodging Resistance and Yield of Spring Maize

ZHANG Jia-qi, WANG Ming-jie, XIE Shi-xing et al (Hebei North University / Hebei Key Laboratory of Quality & Safety Analysis-Testing for Agro-Products and Food / Zhangjiakou Key Laboratory of Quality & Safety for Characteristics Agro-products, Zhangjiakou, Hebei 075000)

Abstract In order to study the effect of chemical regulator Yuhuangjin on lodging resistance and yield of spring maize under different planting densities. Taking Jingnongke 828 as experimental material, the effect of applying Yuhuangjin at 10-leave stage on the growth index, stem mechanical index and yield of spring maize were analyzed. The results showed that Yuhuangjin could shorten plant height, ear height and the length of internode, could improve puncture strength and compressive strength, and could increase production through improving lodging resistance. Treated with Yuhuangjin, the yield of Jingnongke 828 was 6.04%, 17.09% and 20.64% higher than that of the control at the density of 60 000 plants/hm²; and 4.53%, 13.77% and 15.55% higher than that of control at the density of 67 500 plants/hm²; at the density of 75 000 plants per hectare, it was 7.83%, 15.84% and 27.93% higher than that of the control. Yuhuangjin could improve corn stem crushing strength and puncture strength, improve stem agronomic traits and plant growth index, improve stem lodging resistance, increase corn yield, then it is easy to mechanical harvest and can lay the foundation for realizing high yield and mechanization in the spring corn area.

Key words Spring maize; Yuhuangjin; Lodging resistance; Agronomic trait; Yield

21 世纪初, 全球玉米产量已经超过小麦和水稻位居三大粮食作物之首, 其稳定增产对保障粮食安全具有十分重要的意义。但我国玉米生产水平不高, 玉米倒伏成为影响产量的重要因素之一^[1-2]。研究表明, 增加玉米种植密度能够提高冠层光能利用率, 是增加作物产量的关键因素, 但随着玉米种植密度的增加, 不仅会导致玉米株高增加, 茎秆变细, 从而降低穗粒数、千粒重, 增加倒伏风险, 而且对于机械收割也有一定的影响, 不利于玉米全程机械化技术的实现^[3-5]。据统计, 我国每年因倒伏损失的玉米产量在 5%~25%, 玉米倒伏率每增加 1%, 产量降低 108 kg/hm²。因此, 探索玉米抗倒伏技术, 提高玉米抗倒伏能力是当前玉米高产生产中亟待解决的问题^[6-8]。

化控技术可以有效降低植株高度, 增加基部节间茎粗, 改善株型结构, 提高光能利用率, 从而有效提高玉米抗倒伏能力, 解决高密度栽培下空秆率、倒伏率增加等问题, 从而增强作物的抗倒伏能力, 降低产量损失^[9-12]。玉黄金(30%胺鲜酯·乙烯利水剂)是玉米专用型植物生长调节剂。研究表

明, 喷施化控剂玉黄金处理玉米可降低株高、穗位, 缩短穗下节间长度, 增加节间干物质重, 降低植株重心, 提高穿刺强度和压碎强度, 从而提高抗倒伏能力, 实现玉米籽粒增产^[12-14]。研究表明^[15], 在玉米 10 叶期, 按照 1 hm² 300 mL 的剂量施用 30%胺鲜酯·乙烯利水剂能够显著降低京农科 728 和金农 738 玉米株高、穗位高, 缩短节间长度, 67 500、75 000、82 500 株/hm² 种植密度下, 京农科 728 的产量分别比清水对照高 12.54%、11.24% 和 8.81%, 金农 738 的产量分别比清水对照高 4.39%、4.05% 和 7.00%。

笔者以京农科 828 为供试材料, 研究不同浓度玉黄金对不同种植密度下春玉米生长指标、茎秆力学指标及穗部性状和产量的影响, 为玉黄金在春玉米区大田玉米上的合理施用提供理论依据, 为推进春玉米区玉米籽粒直收提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料和地点 试验于 2021 年在河北省张家口市农业科学院实验基地进行, 4 月 29 日播种, 9 月 28 日收获, 整个生育期间无灾害性气象条件。供试材料为京农科 828, 供试药剂为 30%胺鲜酯·乙烯利水剂(3%胺鲜酯, 27%乙烯利), 福建浩伦生物工程有限公司。试验地土壤基本肥力: 速效氮 91.4 mg/kg, 速效磷 60.0 mg/kg, 速效钾 189.6 mg/kg。

1.2 试验设计 试验设计 3 个种植密度, 分别为 60 000、

基金项目 河北省现代农业产业技术体系(玉米体系岗位专家)(HB-CT2018020203); 河北省科技厅项目(18226334D); 张家口市科学技术局项目(1911012C)。

作者简介 张佳琪(1998—), 女, 河北沧州人, 硕士研究生, 研究方向: 植物保护。* 通信作者, 副教授, 博士, 从事农产品安全研究。

收稿日期 2022-06-15

67 500、75 000 株/hm²,化控剂用量设计 3 个浓度水平,T₁ 处理为 240 mL/hm²,T₂ 处理为 480 mL/hm²,T₃ 处理为 720 mL/hm²,CK 为清水对照。在玉米 10 叶期喷施化控剂,采用随机区组排列,3 次重复,每小区 12 行,行长 4.70 m,行距为 0.57 m,60 000、67 500、75 000 株/hm² 3 个密度下所对应的株距分别为 0.16、0.14、0.13 m。采用工农-16 型背负式喷雾器进行叶面喷雾,喷雾均匀周到。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 植株生长指标。在玉米吐丝期,每小区选中间 3 行,随机选取 5 株,用卷尺测量株高、穗位高、节长和茎粗。

1.3.2 玉米茎秆穿刺强度。在玉米抽雄期,每小区随机选取 5 株,带回实验室,利用 YYD-1 型玉米茎秆强度测定仪测定茎秆穿刺强度。在茎秆节间中部(第 2~6 节)垂直于茎秆方向均匀缓慢插入,读取其最大值,并记录。

1.3.3 玉米茎秆压碎强度。茎秆压碎强度是将茎秆基部第 3 节茎秆放在支架上,将压力探头垂直于茎秆方向缓慢落下,直到茎秆折断,读取最大值(N/mm²)。

1.3.4 产量性状。于玉米成熟期,每个处理选取 2 个连续 4 m 行长,全部收获测产,并随机选取 20 穗计算穗长、穗重、穗粒重、百粒重,并折合产量,收获后调查各处理气生根的数量。

1.4 数据分析 采用 Microsoft Excel 2003 进行数据整理,SPSS 18.0 进行数据差异显著性及相关性分析。

2 结果与分析

2.1 玉黄金处理对玉米植株生长指标的影响 由表 1 可知,施用玉黄金后可显著降低植株株高、穗位高和增加茎粗。在 60 000 株/hm² 的种植密度下,玉黄金处理后玉米植株株高显著降低,T₁、T₂、T₃ 分别比对照降低 5.02%、7.74%、11.22%;玉黄金处理后穗位高显著降低,T₁、T₂、T₃ 分别比对照降低 12.06%、32.08%和 35.66%;玉黄金处理后茎粗显著增高,T₁、T₂、T₃ 分别比对照升高 9.25%、18.50%和 27.17%。在 67 500 株/hm² 的种植密度下,玉黄金处理后 T₁、T₂、T₃ 株高分别比对照降低 4.57%、9.79%、15.08%;T₁、T₂、T₃ 处理穗位高分别比对照降低 16.58%、22.14%和 32.87%;玉黄金处理后茎粗显著增高,T₁、T₂、T₃ 处理分别比对照升高 5.49%、19.51%和 26.83%。随着玉黄金施用浓度的提高,对玉米植株的穗位高和茎粗影响增大,在 75 000 株/hm² 的密度下,T₃ 处理玉米植株株高降低最多为 16.76%,在 60 000 株/hm² 的密度下,T₃ 处理玉米植株的穗位高降低最多为 35.66%,在 75 000 株/hm² 的密度下,T₃ 处理玉米植株茎粗增加最多为 40.88%。

表 1 玉黄金对玉米株高、穗位高和茎粗的影响

Table 1 Effects of Yuhuangjin on plant height, ear height and stem diameter of corn

密度 Density//株/hm ²	处理 Treatment	株高 Plant height//cm	穗位高 Ear height//cm	茎粗 Stem diameter//cm
60 000	T ₁	214.66±2.51 ab	62.88±3.67 a	1.89±0.23 c
	T ₂	208.50±13.86 b	48.56±2.95 b	2.05±0.16 ab
	T ₃	200.64±2.11 b	46.00±2.34 b	2.20±0.12 a
	CK	226.00±4.71 a	71.50±11.38 a	1.73±0.55 c
67 500	T ₁	227.43±6.96 ab	60.48±7.89 ab	1.73±0.13 bc
	T ₂	215.00±12.31 ab	56.45±7.16 b	1.96±0.14 ab
	T ₃	202.40±5.67 b	48.67±8.04 b	2.08±0.17 a
	CK	238.33±26.95 a	72.50±8.63 a	1.64±0.06 c
75 000	T ₁	240.83±12.06 ab	68.16±8.99 a	1.68±0.07 b
	T ₂	228.56±6.18 b	62.84±5.32 b	2.16±0.33 a
	T ₃	208.80±7.83 c	50.60±5.21 b	2.24±0.08 a
	CK	250.83±10.26 a	73.41±5.40 a	1.59±0.26 b

注:同列不同小写字母表示同一密度不同处理间在 0.05 水平差异显著。

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level.

2.2 玉黄金处理对玉米茎秆穿刺强度的影响 由表 2 可知,施用玉黄金后可显著提高玉米茎秆基部第 2、3、4、5、6 节的穿刺强度。在 60 000 株/hm² 的种植密度下,玉黄金处理对第 3 节的影响最大,T₁、T₂、T₃ 分别比对照高 19.25%、45.41%和 63.38%。67 500 株/hm² 的种植密度下,玉黄金处理对第 2 节的影响最大,T₁、T₂、T₃ 分别比对照高 18.14%、23.79%和 33.83%。在 75 000 株/hm² 的种植密度下,玉黄金处理对第 4 节的影响最大,T₁、T₂、T₃ 分别比对照高 26.98%、35.94%和 54.02%。随着玉黄金施用浓度的提高,对玉米植株的穿刺强度影响增大,在 60 000 株/hm² 的种植密度下,T₃ 处理玉米植株的第 3 节穿刺强度提高最多为 63.38%。

2.3 玉黄金处理对玉米植株压碎强度的影响 由图 1 可知,施用玉黄金后可显著提高玉米茎秆基部第 3 节茎节压碎强度。在 60 000 株/hm² 的种植密度下,施用玉黄金后,T₃ 处理的压碎强度与对照差异显著,比对照升高 25.67%;在 67 500 株/hm² 的种植密度下,玉黄金处理后压碎强度显著升高,T₁、T₂、T₃ 分别比对照升高 9.21%、20.19%和 26.31%;在 75 000 株/hm² 的种植密度下,玉黄金处理后压碎强度显著升高,T₁、T₂、T₃ 分别比对照升高 6.56%、15.80%、26.36%。随着玉黄金施用浓度的增加茎秆压碎强度显著升高,其中在 75 000 株/hm² 的种植密度下,T₃ 处理的压碎强度增加最多为 26.36%。

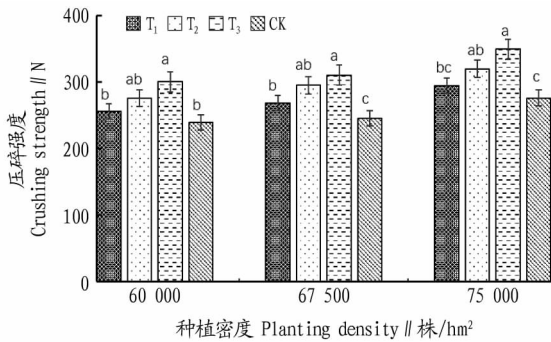
表 2 玉黄金对玉米茎秆穿刺强度的影响

Table 2 Effect of Yuhuangjin on puncture strength of corn stalk

密度 Density 株/hm ²	处理 Treatment	穿刺强度 Puncture strength//N				
		2 节	3 节	4 节	5 节	6 节
60 000	T ₁	71.76±0.96 b	59.46±1.49 c	46.16±1.24 c	45.73±0.54 b	47.30±1.79 b
	T ₂	83.50±0.65 a	72.50±1.00 b	60.95±1.54 b	56.76±0.52 a	48.26±1.74 b
	T ₃	84.96±0.64 a	81.46±1.52 a	68.70±0.44 a	57.33±0.91 a	52.60±1.72 a
	CK	65.80±3.34 c	49.86±0.47 d	42.86±0.60 d	42.46±0.65 c	35.93±1.930 c
67 500	T ₁	71.00±2.43 c	53.90±4.09 b	42.03±0.46 c	45.05±1.07 b	38.40±0.45 b
	T ₂	74.40±1.83 b	57.20±3.38 b	45.61±0.59 b	46.61±0.21 ab	42.51±1.23 a
	T ₃	80.43±0.69 a	64.60±1.28 c	52.93±2.90 a	48.28±1.27 a	43.21±1.17 a
	CK	60.10±1.14 d	57.23±2.61 b	40.71±1.30 b	40.70±2.38 c	33.58±0.86 c
75 000	T ₁	54.34±0.83 b	43.26±1.77 b	51.06±0.53 c	45.90±0.31 b	34.60±1.13 c
	T ₂	58.48±1.83 a	54.37±1.66 a	54.66±1.12 b	46.07±1.62 b	38.96±1.32 b
	T ₃	59.23±2.32 a	55.63±1.32 a	61.93±0.56 a	53.47±4.09 a	59.20±1.28 a
	CK	50.73±1.58 c	40.39±1.45 b	40.21±0.19 d	36.68±1.12 c	32.93±1.33 c

注: 同列不同小写字母表示同一密度不同处理间在 0.05 水平差异显著。

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level.



注: 不同小写字母表示同一密度不同处理间在 0.05 水平差异显著。

Note: Different lowercase letters indicated significant difference between different treatments at 0.05 level.

图 1 玉黄金对玉米压碎强度的影响

Fig. 1 Effect of Yuhuangjin on crushing strength of corn

2.4 玉黄金处理对玉米节长和气生根的影响 由表 3 可知, 施用玉黄金后可显著降低节长, 增加气生根条数。在 60 000 株/hm² 的种植密度下, 玉黄金处理后, 玉米植株节长与 CK 差异显著; T₁、T₂、T₃ 分别比对照降低 20.40%、42.12% 和 50.49%; 玉黄金处理后气生根显著增加, T₁、T₂、T₃ 分别比对照增加 50%、75%、100%。在 67 500 株/hm² 的种植密度下, 玉黄金处理后节长显著降低, T₁、T₂、T₃ 分别比对照降低 15.59%、28.58% 和 36.35%; 玉黄金处理后气生根增加, T₁、T₂、T₃ 分别比对照增加 40%、60% 和 80%。在 75 000 株/hm² 的种植密度下, CK 与各处理间节长差异显著; 玉黄金处理后节长显著降低, T₁、T₂、T₃ 分别比对照降低 21.97%、31.80%、40.02%; 玉黄金处理后气生根增加, T₁、T₂、T₃ 分别比对照增加 16.67%、50.00% 和 66.67%。随着玉黄金施用浓度的提高, 对玉米植株节长、气生根的影响增大, 在 75 000 株/hm² 的种植密度下, T₃ 处理玉米植株的节长降低最多为 50.49%, 在 60 000 和 75 000 株/hm² 的种植密度下, T₃ 处理玉米植株

气生根增加最多为 66.67%。

表 3 玉黄金对玉米节长及气生根的影响

Table 3 Effect of Yuhuangjin on node length and aerial rooting of corn

密度 Density 株/hm ²	处理 Treatment	节长 Nodal length cm	气生根 Aerial root 条
60 000	T ₁	13.89±1.20 b	6.00±1.00 ab
	T ₂	10.10±0.85 c	7.00±2.00 ab
	T ₃	8.64±1.47 c	8.00±2.00 a
	CK	17.45±2.18 a	4.00±1.00 b
67 500	T ₁	14.56±1.63 b	7.00±1.00 b
	T ₂	12.32±1.22 c	8.00±0.58 ab
	T ₃	10.98±1.70 c	9.00±1.00 a
	CK	17.25±0.58 a	5.00±1.00 c
75 000	T ₁	15.56±0.83 b	7.00±1.73 bc
	T ₂	13.60±0.85 c	9.00±1.00 ab
	T ₃	11.96±0.50 d	10.00±1.00 a
	CK	19.94±0.59 a	6.00±1.00 c

注: 同列不同小写字母表示同一密度不同处理间在 0.05 水平差异显著。

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level.

2.5 玉黄金处理对玉米穗部性状及产量的影响 由表 4 可知, 玉黄金处理后能提高不同种植密度下玉米穗长、穗重、粒重和产量。从各处理产量结果看, 75 000 株/hm² 的种植密度下产量最高。在 60 000 株/hm² 的种植密度下, 玉黄金处理后, T₁、T₂ 和 T₃ 3 个处理下的产量分别比对照高 6.04%、17.09% 和 20.64%。在 67 500 株/hm² 的种植密度下, 玉黄金处理后, T₁、T₂ 和 T₃ 3 个处理下的产量分别比对照高 4.53%、13.77% 和 15.55%。在 75 000 株/hm² 的种植密度下, 玉黄金处理后, T₁、T₂ 和 T₃ 3 个处理下的产量分别比对照高 7.83%、15.84% 和 27.93%。

2.6 茎秆农艺指标与抗倒伏能力相关性分析 由表 5 可知, 穿刺强度与株高、基部第 2~6 节平均节间长度和气生根

数量呈极显著负相关,相关系数为 -0.667 、 -0.697 、 -0.488 ;与穗位高、茎粗呈显著或极显著正相关,相关系数为 0.606 、 0.473 ;压碎强度与株高、穗位高呈显著或极显著负相关,相关系数为 -0.864 、 -0.715 ;与茎粗、基部第2~6节平均节间长

度和气生根数量都呈显著或极显著正相关,相关系数为 0.565 、 0.846 、 0.890 。表明施用玉黄金后能够显著降低株高、缩短节间,使植株茎秆变粗,抗压能力增强,从而利于营养物质的运输和降低倒伏发生,实现增产。

表4 玉黄金处理对玉米穗部性状及产量的影响

Table 4 Effect of Yuhuangjin treatment on ear character and yield of corn

密度 Density 株/hm ²	处理 Treatment	穗长 Ear length cm	穗重 Ear weight g	穗粒重 Grain weight g	百粒重 100-kernels weight/g	产量 Yield kg/hm ²
60 000	T ₁	16.46±0.24 bc	209.77±0.73 b	188.73±9.71 b	36.48±1.10 b	11 323.67±182.97 b
	T ₂	17.24±0.68 b	229.23±1.80 a	208.40±1.36 a	38.57±0.94 b	12 503.67±81.59 a
	T ₃	18.55±0.5 a	230.65±0.95 a	214.71±1.25 a	41.07±1.80 a	12 882.00±71.02 a
	CK	15.67±0.75 c	190.26±1.14 c	178.02±5.79 b	29.90±0.97 c	10 678.34±115.95 c
67 500	T ₁	16.50±0.26 b	200.08±2.23 c	176.87±2.64 b	36.06±1.67 a	11 938.00±178.26 b
	T ₂	17.13±0.19 b	211.08±1.33 b	192.49±2.13 a	36.45±1.07 a	12 992.66±143.54 a
	T ₃	18.16±0.43 a	219.48±0.97 a	195.63±1.05 a	38.49±0.94 a	13 196.33±71.03 a
	CK	15.16±0.72 c	196.35±1.18 d	169.20±0.95 c	33.01±1.69 b	11 420.45±63.66 c
75 000	T ₁	17.82±0.49 b	214.51±1.64 b	178.10±1.85 c	37.43±1.44 b	13 357.34±139.27 c
	T ₂	17.92±0.24 b	217.38±2.43 b	191.33±1.33 b	39.62±0.39 a	14 349.86±100.18 b
	T ₃	20.22±0.22 a	238.02±2.56 a	211.30±3.18 a	39.87±0.39 a	15 847.00±238.16 a
	CK	17.55±0.33 b	187.29±1.43 c	168.50±5.70 d	35.04±1.33 c	12 387.64±127.32 d

注:同列不同小写字母表示同一密度不同处理间在0.05水平差异显著。

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level.

表5 茎秆农艺指标与抗倒伏能力相关性分析

Table 5 Correlation analysis between stem agronomic indicators and maize lodging capacity

性状 Character	株高 Plant height	穗位高 Ear height	茎粗 Stem diameter	节长 Internode	气生根数量 Aerial root	穿刺强度 RPR	压碎强度 SCS
株高 Plant height	1						
穗位高 Ear height	0.693**	1					
茎粗 Stem diameter	-0.610**	-0.551**	1				
节长 Internode	0.727**	-0.551**	0.718**	1			
气生根数量 Aerial root	0.732**	-0.509**	0.657**	-0.540*	1		
穿刺强度 RPR	-0.667**	0.606**	0.473*	-0.697**	-0.488**	1	
压碎强度 SCS	-0.864**	-0.715*	0.565*	0.846**	0.890**	0.863**	1

注:**表示在0.01水平上显著相关;*表示在0.05水平上显著相关。

Note:** indicated significant correlation at 0.01 level,* indicated significant correlation at the 0.05 level.

3 讨论

3.1 玉黄金化控剂对不同密植春玉米生长指标和茎秆力学指标的影响 玉米产量与种植密度关系密切,普遍认为产量随密度的增加而增产,但种植密度过大会造成玉米植株生长发育不良,茎秆抗倒伏能力下降,发生倒伏现象。研究表明施用化控剂玉黄金可有效提高玉米茎秆的抗倒伏能力。魏湜等^[6]研究表明,玉米的生长指标受化控剂处理影响显著,在玉米生育期喷施玉黄金株型的形态变化明显,增加茎粗,缩短节间长度,降低株高和穗位高,增强植株的抗倒伏能力。田再民等^[17]研究表明,在苗期喷施化控剂玉黄金对玉米生长指标和茎秆力学指标影响显著,株高、穗位高明显降低,植株重心下移,穿刺强度提高,改善玉米茎秆结构,提升玉米质量,从而降低倒伏率。因此,化控剂玉黄金的喷施对春玉米抗倒伏能力具有显著效果,在实际生产中具有重要意义。该研究表明喷施玉黄金可以改善植株的生长指标,提高茎秆抗折力,从而增强玉米植株的抗倒伏能力。

3.2 玉黄金化控剂对不同密植春玉米产量的影响 倒伏成

为限制玉米高产的主要原因,每年因茎秆倒伏造成玉米产量损失严重。茎秆是玉米植株重要的组成部分,在植物生长过程中起支持和运输作用,茎秆通过农艺指标不仅从抗倒伏性上影响产量,还通过影响营养物质和水分向地上部运输而对产量造成影响。史磊等^[18]研究表明,喷施化控剂降低了玉米地上部分干物质质量,提高玉米光合作用,适宜种植密度和化控剂可协同提高玉米籽粒产量。杨振芳^[19]研究表明,通过设置4个不同种植密度在玉米拔节期喷施玉黄金提高茎秆抗倒伏能力,从而实现增产。该研究表明化控剂玉黄金可以通过改变种植密度提高抗倒伏能力,实现春玉米增产,提高经济效益。

4 结论

该试验结果表明施用玉黄金能够降低株高、穗位高,缩短节间长度,提高穿刺强度和抗压强度,从而提高抗倒伏能力,实现增产。玉黄金处理后,京农科828产量在60 000株/hm²密度下分别比清水对照高6.04%、17.09%和

(下转第163页)

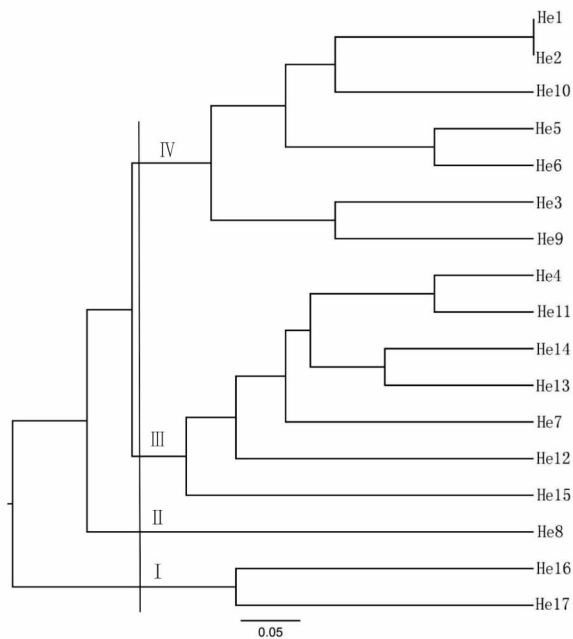


图 3 2 种雪胆居群的 UPGMA 聚类

Fig. 3 UPGMA clustering of two populations of *Hemsleya*

了分子系统的研究,但也无法解决属内的所有系统发育关系。该研究基于转录组数据,设计开发出 EST-SSR 引物,并利用筛选出的 SSR 引物分析雪胆属下种间和不同居群间的遗传多样性分析,结果表明,所开发的 6 对 SSR 引物多态性高,能将 17 份雪胆种质材料区分开来,不同地区的肉花雪胆和母猪雪胆均具有较丰富的遗传多样性。该研究为雪胆属植物的遗传多样性研究及后期分子标记辅助育种奠定了重要基础。

介于雪胆属种质间亲缘关系较复杂、遗传多样性较丰富,在对该属植物进行引种栽培时需注重种质的地理来源,

保证其生态型的多元化,尽可能收集来源于多个地区的不同的居群或植株。同时,在选育过程中,应最大限度地覆盖雪胆属植物种质的基因库,进而保存更为丰富的遗传多样性,为下一步优良品种的选育奠定物质基础。

参考文献

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志: 第 73 卷 第 1 册 [M]. 北京: 科学出版社, 1986: 102-129.
- [2] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 一部[S]. 北京: 人民卫生出版社, 1977: 531.
- [3] 李莹, 徐晓婷, 郑重飞, 等. 雪胆属植物的化学成分及生物活性研究进展[J]. 中草药, 2015, 46(18): 2800-2808.
- [4] 王志春, 陈薇薇, 郭小梅, 等. 贵州不同产地雪胆药材有效成分研究[J]. 亚太传统医药, 2019, 15(10): 86-89.
- [5] CHEN J C, ZHOU L, WANG Y H, et al. Cucurbitane triterpenoids from *Hemsleya penxianensis* [J]. Nat Prod Bioprospect, 2012, 2(4): 138-144.
- [6] 忻雅, 方献平, 王淑珍, 等. 简单重复序列标记和序列相关扩增多态性标记在草莓遗传多样性分析中的比较[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2019, 45(3): 278-287.
- [7] 梁小玉, 季杨, 胡远彬, 等. 菊苣 EST-SSR 分子标记开发及通用性分析[J]. 草地学报, 2021, 29(9): 2081-2090.
- [8] 李青竹, 蔡友铭, 张永春, 等. 基于石蒜属转录组序列的 SSR 分子标记开发应用[J]. 核农学报, 2021, 35(9): 2002-2015.
- [9] WU Y H, HE R Q, LU Y Z, et al. Development and evaluation of EST-SSR markers in *Sorbus pohuashanensis* (Hance) Hedl. and their application to other *Sorbus* species [J]. Trees, 2020, 34(3): 455-467.
- [10] 李楠, 张海英, 陈年来, 等. 三种瓜类作物 SSR 扩增的通用性与多态性分析[J]. 华北农学报, 2008, 23(4): 110-114.
- [11] 王春蕾, 朱子成, 盛云燕. 利用甜瓜 SSR 标记分析常见葫芦科作物亲缘关系[J]. 中国园艺文摘, 2011, 27(12): 23-25, 53.
- [12] EVANNO G, REGNAUT S, GOUDET J. Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: A simulation study [J]. Molecular ecology, 2005, 14(8): 2611-2620.
- [13] 班秋艳, 潘宇婷, 潘斌, 等. 基于 EST-SSR 标记的陕西茶树种质资源遗传多样性研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2021, 49(11): 69-78.
- [14] 曾祥飞, 张洪武, 李国栋, 等. 云南雪胆属植物药用资源的初步研究[J]. 中药材, 2016, 39(5): 996-1001.
- [15] LI H T, YANG J B, LI D Z, et al. A molecular phylogenetic study of *Hemsleya* (Cucurbitaceae) based on ITS, *rpl16*, *trnH-psbA*, and *trnL* DNA sequences [J]. Plant Syst Evol, 2010, 285(1): 23-32.

(上接第 135 页)

20.64%; 在 67 500 株/hm² 密度下分别比对照高 4.53%、13.77% 和 15.55%; 在 75 000 株/hm² 密度下分别比对照高 7.83%、15.84% 和 27.93%。冀北春玉米区可以通过增密和化控协同作用实现玉米机械化收获, 促进玉米产业发展。

参考文献

- [1] 宋英博. 不同施钾量处理对玉米倒伏率、农艺性状及产量的影响[J]. 中国农学通报, 2021, 37(30): 14-18.
- [2] 许莹莹, 马青美, 宋希云, 等. 不同玉米品种倒伏抗性与产量相关性状的聚类和相关分析[J]. 玉米科学, 2019, 27(5): 15-21.
- [3] TOLLENAAR M, LEE E A. Yield potential, yield stability and stress tolerance in maize [J]. Field crops research, 2002, 75(2/3): 161-169.
- [4] ANDRADE F H, CALVIÑO P, CIRILO A, et al. Yield responses to narrow rows depend on increased radiation interception [J]. Agronomy journal, 2002, 94(5): 975-980.
- [5] RUTGER J N, CROWDER L V. Effect of population and row width on corn silage yields [J]. Agronomy journal, 1967, 59(5): 475-476.
- [6] 翁萌萌. 不同玉米品种茎秆特性及其与抗倒伏性关系研究[D]. 河南农业大学, 2016.
- [7] 田晓东. 乙烯利对夏玉米抗倒伏能力的影响研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2014.
- [8] 李彦昌, 侯现军, 张文波, 等. 不同时期与种植密度化控对夏玉米的影

响研究[J]. 中国农学通报, 2019, 35(19): 15-20.

- [9] 曹庆军. 春玉米抗茎倒能力评价及其化学调控技术研究[D]. 长春: 中国科学院研究生院(东北地理与农业生态研究所), 2016.
- [10] 王亮, 丰光, 李妍妍, 等. 玉米倒伏与植株农艺性状和病虫害发生关系的研究[J]. 作物杂志, 2016(2): 83-88.
- [11] 董志强, 马兴林, 王庆祥, 等. 喷施玉黄金对玉米产量的影响[J]. 玉米科学, 2008, 16(2): 91-93.
- [12] 杨文飞, 贾艳艳, 侍瑞高, 等. 不同种植密度下稀播保对玉米抗倒性和产量的影响[J]. 安徽农业科学, 2021, 49(3): 37-39.
- [13] 李军虎, 张翠绵, 杜义英, 等. 化控条件下密度对夏玉米产量及产量性状的影响[J]. 玉米科学, 2014, 22(3): 72-76.
- [14] 黄海, 常莹, 吴春胜, 等. 群体密度对玉米茎秆强度及相关生理指标的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2014, 42(4): 81-87, 101.
- [15] 刘子刚, 卢海博, 武敏桦, 等. 化控剂玉黄金对春玉米抗倒伏性状及产量的影响[J]. 作物杂志, 2022(1): 142-146.
- [16] 魏焜, 杨振芳, 顾万荣, 等. 化控剂玉黄金对玉米品种东农 253 穗部和抗倒伏性影响[J]. 东北农业大学学报, 2015, 46(12): 1-7, 15.
- [17] 田再民, 黄智鸿, 赵海超, 等. 玉黄金化控对不同种植密度下玉米抗倒伏性和产量构成因素的影响[J]. 河北农业科学, 2019, 23(5): 51-55, 82.
- [18] 史磊, 尤丹, 肖万欣, 等. 化控剂对玉米光合作用、农艺性状和产量的影响[J]. 玉米科学, 2014, 22(5): 59-63, 70.
- [19] 杨振芳. 玉黄金对不同密度下春玉米调控效应的研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2016.