Archive of SID

"نهال و بذر"
جلد ۲۳ ، شماره ۴، سال ۱۳۸۶

بررسی کاریولوژیک پنج رقم هیبرید نیشکر (*Saccharum officinarum* L.)*

Karyological Evaluation of Five Hybrid Cultivars of Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.)

داریوش داودی، پریچهره احمدیان‌تهرانی، منصور امیدی، یوسف موسی‌آقایف و محمدرضا بی‌همتا

دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران و پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۵/۱۲/۱۶

چکیده

داودی، د.، احمدیان تهرانی، پ.، امیدی، م.، موسی آقایف، ی.، و بی همتا، م. ر. ۱۳۸۶. بررسی کاریولوژیک پنج رقم هیبرید نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) . **نهال و بذر** ۲۳: ۶۳۱-۶۱۵.

جنس ساکاروم (Saccharum) دارای سطح پلی‌پلوییدی بالا و آنیوپلوییدی فراوان است. این مطالعه برای تهیه اطلاعات سیتولوژیکی در مورد ارقام هیبریدی که در ایران کشت می‌شوند انجام شد. نوک ریشه‌های هر رقم ابتدا با محلول آلفا-برومونفتالن اشباع به مدت هشت ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد پیش تیمار شدند، سپس در محلول فیکساتیو ۱:۱ از اسید کرومیک ۱٪ : فرمالدییید ۱۰٪ به مدت ۴۸ ساعت قرارداده شدند و جهت هیدرولیز از محلول هیدراکسیدسدیم یک نرمال در ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه استفاده شد. رنگ‌آمیزی ریشه‌ها با محلول هماتوکسیلین در ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک شب انجام شد. بعد از تیمار آنزیمی، هر نوک ریشه در قطره‌ای اسید استیک ۴۵٪ اسکواش گردید. تجزیه کاریوتیپ نشان داد که اندازه کروموزوم از ۰/۵۷۱ تا ۵/۰۷۶ میکرون متغیر است و کروموزوم‌های نوع m غالبیت کامل دارند، به طوری که بیش از ۵۰ کروموزوم در مجموعه هاپلویید هر رقم از این نوع بودند. آزمون‌های معنی‌دار چند متغیره نشان داد که تفاوت این ارقام از نظر مجموعه متغیرهای کاریوتیپی، به استثناء درصد شکل کلی، معنی‌دار است که به نوبه خود نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در اندازه بازوهای کروموزوم‌ها است. کاریوتیپ این ارقام براساس درصد شکل کلی و موقعیت سانترومری بیش از ۹۰٪ از جفت کروموزوم‌ها، مشابه بود. این نتایج نشان می‌دهند که ظاهراً در تکامل کاریوتیپی گونه *S. officinarum* عمدتاً تعداد کروموزوم و سطح پلوییدی، نسبت به تغییرات کروموزومی و نامتقارنی کاریوتیپ، دخالت داشته‌اند.

واژه‌های کلیدی: نیشکر، *Saccharum officinarum*، ارقام، تجزیه کاریوتیپ.

* بخشی از پایان‌نامه دکتری نگارنده اول که به گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران ارائه شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

نیشکر به جنس ساکاروم (Saccharum) از زیرخانواده آندروپوگونه (Andropogoneae) و خانواده گرامینه (Poaceae) تعلق دارد و یکی از مهم‌ترین گیاهان صنعتی است. اخیراً اصلاح نیشکر در مرکز تحقیقات نیشکر طرح توسعه نیشکر و صنایع جانبی در خوزستان شروع شده که عمدتاً برتلاقی بین ارقام هیبرید استوار است. این گیاه پیچیده‌ترین ژنوم گیاهی را در بین گیاهان دارد (Manners *et al*., 2004). تمام گونه‌های جنس ساکاروم از نظر سیتوژنتیکی شناسایی شده وخصوصیات مورفولوژیکی آن‌ها نیز به خوبی مورد مطالعه قرار گرفته است (Bremer, 1961؛ Price, 1960 ؛ Nair, 1975 ؛ Roach, 1969 ؛ Daniels and Roach, 1987 ؛ Sreenivasan *et al*., 1987). تنوع در تعداد کروموزوم از 2n=40 (*S. spontaneum*) تا 2n=130 (هیبریدهای بین گونه‌ای)، گزارش شده است. عدد پایه کروموزومی در این جنس ۸ و ۱۰ =X است (D'Hont *et al*., 1998). نیشکر زراعی حاصل تلاقی‌ها و بک کراس‌هایی بین گونه اهلی *S. officinarum* L.(2n=80) و گونه وحشی *S. spontaneum* (2n=40-120) است. در نتیجه این فرآیند، گیاهان زراعی نیشکر هیبریدهای بین گونه‌ای پلی-آنیوپلوییدی با تعداد کروموزوم بیش از صد هستند (Manners *et al*., 2004). طبیعت پلی‌پلوییدی و تنوع زیاد تعداد کروموزوم در جنس ساکاروم، تجزیه فیلوژنتیکی آن را مشکل‌تر کرده است. اکثر سیتولوژیست‌هایی که با نیشکر سر وکار دارند بر این عقیده‌اند که کروموزوم‌های نیشکر کوچک بوده و از نظر اندازه متفاوت هستند (Price, 1964 ؛ Sreenivasan, 1987). هانیز و همکاران (Heinz *et al*., 1969) تعداد کروموزوم‌های پنج هیبرید گونه ساکاروم و کشت‌های سلولی آن‌ها را مطالعه کردند. آن‌ها نشان دادند که تعداد کروموزوم در چهار کلون والدی ثابت (2n = 122, 114, 114, and 112) اما در یکی از آن‌ها متغییر است (2n = 108-128). پرایس (Price, 1963) با بررسی چهار رقم نیشکر از جزیره هاوایی گزارش داد که تفسیر چگونگی سازمان‌یابی این تنوع کروموزومی مشکل است. تلاقی بین گونه‌ای بین *S. officinarum* به عنوان والد مادری و *S. spontaneum* به عنوان والد پدری نتاجی تولید کرد که دارای تعداد کروموزوم تریپلوییید (2n+ n = 100-130) بودند (Sreenivasan *et al*., 1987 ؛ D'Hont *et al*., 1996). نایر (Nair, 1999) با تلاقی سورگوم (2n = 20) به عنوان والد مادری با نیشکر (*S. officinarum*, 2n =112) چهار هیبرید بین جنسی به دست آورد و آن‌ها را مورد مطالعه قرار داد. تعداد کروموزوم‌های سوماتیکی این هیبریدها ۶۲ تا ۶۶ بود که نشان‌دهنده انتقال n+n است. مطالعات کاریوتیپی در ارقام نیشکر مشکل است علی‌الخصوص که علاوه بر پلی‌پلوییدی و تنوع در تعداد کروموزوم، نحوه

www.SID.ir

Archive of SID

انقباض کروموزوم‌های متافازی آن‌ها را به صورت یکنواخت در می‌آورد. این مسئله احتمالاً دلیل این است که مطالعات میوزی و کروموزوم شماری به طور مکرر برای نیشکر گزارش شده است اما تجزیه کاریوتیپ کامل در منابع دیده نمی‌شود. این مطالعه برای تهیه اطلاعات سیتوژنتیکی پنج رقم نیشکر انجام شد و به نظر می‌رسد اولین گزارش تجزیه کاریوتیپ کامل برای ارقام هیبرید نیشکر باشد.

مواد و روش‌ها

ارقام CP57، CP69، CP48، SP70 و NCo-310 که در خوزستان کشت می‌شوند مورد استفاده قرار گرفتند. گیاهان مورد نیاز برای تجزیه سیتوژنتیکی با کاشت قلمه‌هایی که هر کدام حداقل دو جوانه داشتند در گلدان حاوی ماسه شسته شده تهیه شدند. بعد از ۴۵ روز، گیاه را به صورت کامل از گلدان درآورده و با شستشوی آن، اقدام به برش و جمع‌آوری ۱ تا ۲ سانتی‌متر از انتهای ریشه‌ها گردید. ریشه‌های قطع شده بلافاصله در پیش تیمار آلفا-برومونفتالن اشباع قرار داده شده و به مدت هشت ساعت در یخچال نگهداری شدند. پس از شستشو با آب جاری، ریشه‌های پیش تیمار شده با آب مقطر شسته شده و به مدت ۴۸ ساعت در محلول فیکساتیو ۱:۱ از اسیدکرومیک ۱٪:فرمالدئید ۱۰٪ در یخچال قرار داده شدند. جهت اطمینان از حذف بقایای فیکساتیو، ریشه‌ها به مدت سه تا پنج ساعت زیر آب جاری قرار داده شده و سپس در الکل ۷۰٪ و در یخچال نگهداری شدند. آماده‌سازی نمونه‌ها برای مشاهدات میکروسکوپی با هیدرولیز در هیدراکسید سدیم یک نرمال به مدت پانزده دقیقه در ۶۰ درجه سانتی‌گراد و رنگ‌آمیزی آن‌ها در محلول هماتوکسیلین ۴٪ در ۳۲ درجه سانتی‌گراد و در طول شب انجام شد. ریشه‌های رنگ‌آمیزی شده به مدت سی دقیقه در آنزیم سیتاز و در دمای اطاق قرار داده شدند. در نهایت هر نوک ریشه در قطره‌ای اسیداستیک روی لام اسکواش شدند. با توجه به تعداد زیاد کروموزوم‌ها، روش اسکواش تغییر یافته (داودی و احمدیان تهرانی، ۱۳۷۳) به کار گرفته شد. برای هر رقم حدود سی اسلاید بررسی شد و در صورتی که پنج سلول یا بیشتر تعداد کروموزوم‌های مشابه نشان می‌دادند، آن تعداد برای آن رقم مورد قبول قرار می‌گرفت. عکس‌های میکروسکوپی با استفاده از یک میکروسکوپ Nikon E 800 مجهز به دوربین دیجیتال DXM1200 تهیه شدند و برای کمی کردن تجزیه کاریوتیپ، اندازه‌گیری طول بازوی بلند، بازوی کوتاه و وضعیت ماهواره (Satellite) هر کروموزوم به صورت دیجیتالی با نرم‌افزار PKAP (Plant Karyotype Analysis Program) انجام شد (داودی، منتشر نشده). سایر خصوصیات کروموزومی و کاریوتیپی که توسط نرم‌افزار تعیین شد عبارت بودند از:

www.SID.ir

Archive of SID

نسبت بازوها AR(Arm Ratio)

طول‌بازوی بلند ÷ طول بازوی کوتاه

طول نسبی کروموزوم RL(Relative Length)

(طول کل کروموزوم ÷ طول کل کروموزوم‌ها) × ۱۰۰

درصد شکل کروموزوم F%(Form Percentage)

(طول بازوی کوتاه ÷ طول کل کروموزوم‌ها) × ۱۰۰

نوع کروموزوم (Type)

با روش لوان و همکاران (Levan *et al*., 1964)

درصد شکل کلی TF% (Total Form percentage)

(مجموع طول بازوهای کوتاه ÷ طول کل کروموزوم‌ها) × ۱۰۰

شاخص تقارن SI%(Symmetry Index)

(طول کوچک‌ترین کروموزوم ÷ طول بزرگ‌ترین کروموزوم) × ۱۰۰

ضریب تنوع CV(Coefficient of Variation)

(انحراف معیار÷ میانگین) × ۱۰۰

تفاوت محدوده طول نسبی DRRL (Difference of Range of Relative Length)

حداکثر طول نسبی - حداقل طول نسبی

شاخص تفرق DI (Dispersion Index)

بر اساس پیشنهاد لوانیا و سریواستاوا (Levania and Srivastava, 1992)

کلاس کاریوتیپ (Class)

براساس پیشنهاد استبینز (Stebbins, 1991)

در نهایت جدول‌های تجزیه کاریوتیپ و ایدیوگرام‌ها با استفاده از نرم‌افزار PKAP به دست آمد و کمیت‌های اندازه‌گیری شده و محاسبه شده با نرم‌افزار SPSS پس از آزمون همگنی واریانس‌ها، مورد آزمون‌های چندمتغیره قرار گرفتند.

نتایج و بحث

کاریوتیپ پنج رقم هیبرید نیشکر با استفاده از متافازهای میتوزی نوک ریشه‌ها مورد مطالعه قرار گرفت. تعداد کروموزوم بیش از ۱۰۰ برای تمام ارقام مشخص شد (شکل ۱). شمارش کروموزومی نشان داد که تعیین تعداد دقیق کروموزوم‌ها در هیبریدهای نیشکر به راحتی به دست نمی‌آید چون این تعداد در تمام سلول‌های متافازی مورد بررسی یکسان نبود، با این حال تنوع در تعداد کروموزوم به عنوان توزیع نامناسب کروموزوم‌ها در متافازهای " بد " در نظر گرفته شد و برای یک رقم، تعدادی از کروموزوم‌ها مورد قبول قرار گرفت که پنج سلول یا بیشتر، آن تعداد را نشان می‌دادند. مشکلات موجود در تفسیر این وضعیت متنوع و موزائیک‌های کروموزومی به کرات در منابع آورده شده است (Heinz *et al*., 1969 ؛ Price, 1963 ؛ Krishnamurthi and Tlaskal, 1974 ؛ Gill and Miller, 1982 ؛ Liu, 1984). تجزیه کاریوتیپ ارقام (جدول‌های ۱تا ۵) نشان داد که طول کل کروموزوم‌های مجموعه هاپلوییید از

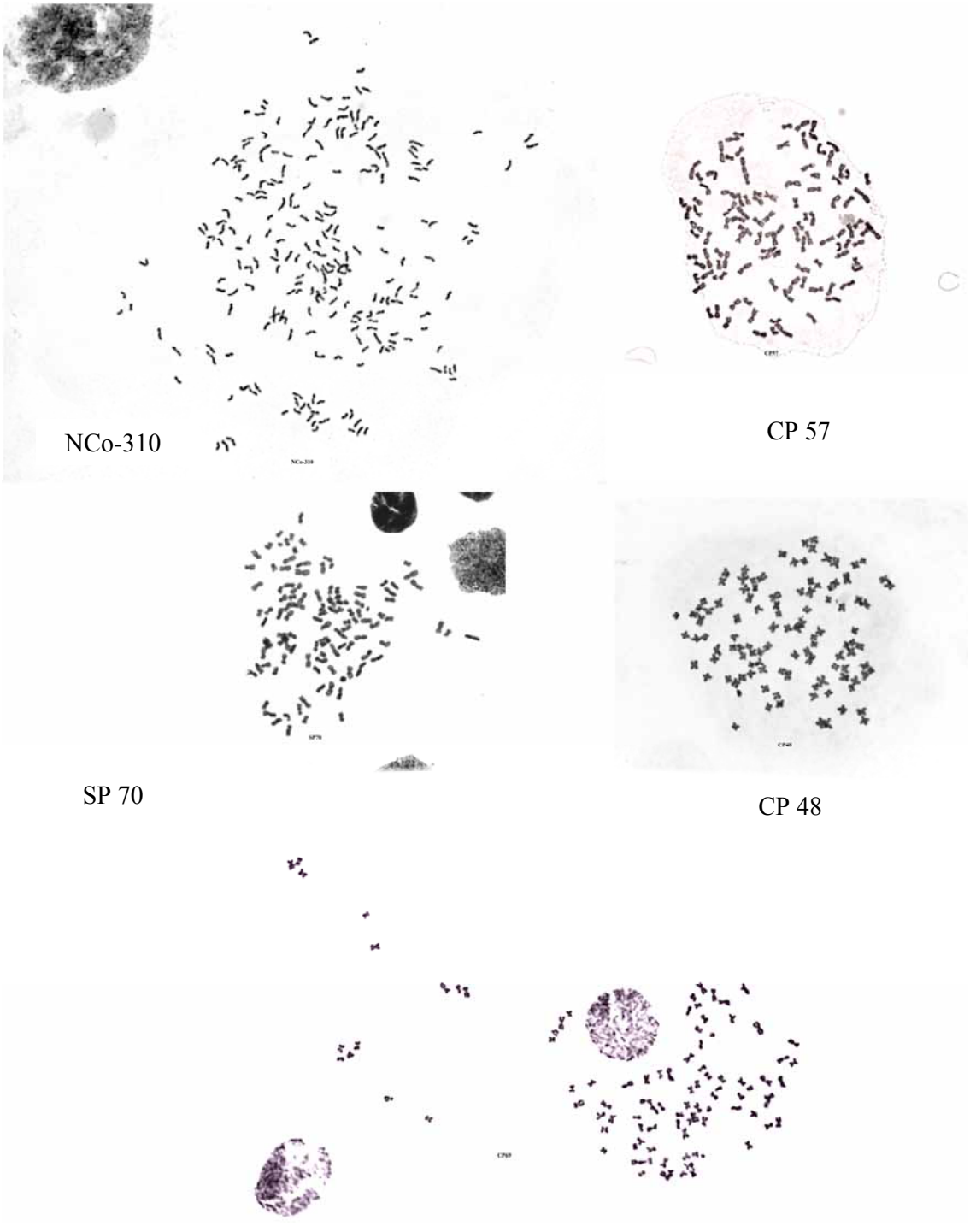
www.SID.ir

Archive of SID

۱۱۱/۱۹۲ تا ۱۶۵/۵۹۴ میکرون است در حالی که طول کروموزوم‌ها از ۰/۵۷۱ تا ۵/۰۷۶ میکرون متغیر بود. غالبیت کامل نوع کروموزوم با نوع m (موقعیت سانترومر در منطقه میانی) بود به طوری که بیش از ۵۰ کروموزوم در مجموعه هاپلوییدهر رقم از این نوع بودند. این وضعیت با نظر سیتوژنتیک دان‌هایی منطبق است که معتقدند کروموزوم‌های متافازی نیشکر به صورت یکنواخت منقبض شده و از حیث اندازه کوچک هستند (Price, 1960؛ Sreenivasan *et al*., 1987). کاریوتیپ‌ها در شکل ۲ به صورت ایدیوگرام نمایش داده شده‌اند. کروموزوم‌های هاپلوییدد در ایدیوگرام از بزرگ به کوچک مرتب و شماره‌گذاری شده‌اند. براساس طبقه‌بندی عدم تقارن استبینز (۱۹۷۱)، این ارقام کلاس‌های 1B تا 1C را اشغال کردند که نشان‌دهنده حضور کروموزوم‌های متفاوت از والدین متفاوت تلاقی‌هایی است که ارقام از آن‌ها منشأ گرفته‌اند. این واقعیت همیشه بایستی در تفسیر تنوع کاریوتیپی بین ارقام مد نظر قرار گیرد. خصوصیات کلی کاریوتیپ ارقام مورد مطالعه در جدول ۶ خلاصه شده است. همچنان که در جدول ملاحظه می‌شود DRRL، SI، و DI پارامترهایی هستند که نوعی نامتقارنی کاریوتیپ را به ترتیب بر اساس حداکثر و حداقل طول نسبی کروموزوم‌ها، کوچک‌ترین و بزرگ‌ترین کروموزوم، و طول بازوی کوتاه و طول کل کروموزوم میانه بیان می‌کنند. این سه پارامتر در واقع به تعداد کمی کروموزوم بستگی داشته و بالطبع قادر به ارائه صحیح وضعیت تقارن کاریوتیپ برای ارقام هیبرید نیست، با این حال، TF% تقارن کاریوتیپ را بر اساس نسبت طول کل بازوهای کوتاه به طول کل کروموزوم‌ها می‌سنجد. برای ارقام هیبرید آن چه که مشخص است این است که تنها آن دسته از پارامترهای تقارن قابل اعتماد هستند که در بر گیرنده تمام کروموزوم‌ها باشند. مقادیر TF% بالای ۴۳٪ برای تقریباً اکثر ارقام نشان می‌دهد که کاریوتیپ ارقام جدید نیشکر نسبتاً متقارن هستند که این به نوبه خود نشان‌دهنده تقارن نسبی کاریوتیپ *S. officinarum* است. عنوان شده است که کاریوتیپ‌های نامتقارن پیشرفته‌تر از کاریوتیپ‌های متقارن هستند (Stebbins, 1971) و تغییرات در تقارن معمولاً با از دست رفتن کروماتین همراه است, اما داده‌های به دست آمده از این مطالعه در مورد تقارن ارقام نیشکر مؤید این مسئله است که تکامل کاریوتیپ الزاماً با عدم تقارن کاریوتیپ توأم نیست. این نتایج نشان می‌دهند که ظاهراً تکامل کاریوتیپ در *S. officinarum* عمدتاً تعداد کروموزوم و سطح پلوییدی را نسبت به تغییرات کروموزومی و نامتقارنی کاریوتیپ شامل شده است. علاوه بر تفاوت واقعی در تعداد کروموزوم سلول‌های سوماتیکی بین ارقام مورد مطالعه، آزمون‌های چند متغیره بعد از آزمون همگنی واریانس‌ها (جدول ۷) نشان داد که تفاوت ارقام از حیث کمیت‌های کاریوتیپی

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- نمونه‌ای ازسلول‌های متافازی ارقام هیبرید NCo-310، CP57، SP70، CP48 و CP69 نیشکر

Fig. 1. Representative metaphases of sugarcane hybrid cultivars NCo-310, CP57, SP70, CP48, and CP69

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- میانگین و انحراف معیار اندازه‌های کروموزومی و خصوصیات کاریوتیپی نیشکر، رقم CP57

Table 1. Mean and standard deviation of chromosomal lengths and karyotype features of sugarcane cultivar CP57

No.	Long arm (µ)	Short arm (µ)	Satelite	Total length (µ)	AR	RL%	F%	Type
1	3.142 ± (0.675)	1.944 ± (0.221)	__	5.086 ± (0.454)	1.616	3.072	1.174	m
2 (S)	2.549 ± (0.229)	2.186 ± (0.203)	__	4.735 ± (0.432)	1.166	2.860	1.320	m
3	2.363 ± (0.150)	1.897 ± (0.047)	__	4.260 ± (0.198)	1.245	2.573	1.146	m
4	2.206 ± (0.165)	1.880 ± (0.057)	__	4.085 ± (0.222)	1.173	2.467	1.135	m
5	2.233 ± (0.149)	1.815 ± (0.115)	__	4.048 ± (0.264)	1.230	2.444	1.096	m
6	2.154 ± (0.005)	1.701 ± (0.099)	__	3.855 ± (0.095)	1.266	2.328	1.027	m
7	2.187 ± (0.164)	1.591 ± (0.096)	__	3.778 ± (0.067)	1.375	2.281	0.960	m
8	1.987 ± (0.109)	1.720 ± (0.127)	__	3.707 ± (0.018)	1.155	2.239	1.039	m
9	2.131 ± (0.107)	1.488 ± (0.053)	__	3.619 ± (0.054)	1.433	2.186	0.898	m
10	1.948 ± (0.116)	1.643 ± (0.047)	__	3.591 ± (0.070)	1.186	2.168	0.992	m
11	1.849 ± (0.011)	1.673 ± (0.032)	__	3.522 ± (0.043)	1.106	2.127	1.010	m
12	1.991± (0.256)	1.471 ± (0.143)	__	3.462 ± (0.113)	1.354	2.091	0.888	m
13	1.892 ± (0.064)	1.551 ± (0.049)	__	3.444 ± (0.113)	1.220	2.080	0.937	m
14	1.811 ± (0.121)	1.606 ± (0.012)	__	3.417 ± (0.109)	1.128	2.063	0.970	m
15	1.998 ± (0.059)	1.360 ± (0.145)	__	3.358 ± (0.086)	1.469	2.028	0.821	m
16	1.964 ± (0.007)	1.383 ± (0.099)	__	3.347 ± (0.093)	1.420	2.021	0.835	m
17 (S)	1.902 ± (0.023)	1.415 ± (0.089)	__	3.317 ± (0.066)	1.344	2.003	0.854	m
18	1.921 ± (0.184)	1.345 ± (0.025)	__	3.266 ± (0.158)	1.428	1.972	0.812	m
19	1.928 ± (0.023)	1.321 ± (0.128)	__	3.249 ± (0.152)	1.459	1.962	0.798	m
20	1.856 ± (0.192)	1.350 ± (0.062)	__	3.206 ± (0.130)	1.375	1.936	0.815	m
21	1.982 ± (0.164)	1.182 ± (0.274)	__	3.164 ± (0.111)	1.676	1.911	0.714	m
22	1.730 ± (0.079)	1.394 ± (0.005)	__	3.124 ± (0.084)	1.240	1.887	0.842	m
23	1.730 ± (0.034)	1.359 ± (0.039)	__	3.088 ± (0.073)	1.273	1.865	0.820	m
24	1.911 ± (0.049)	1.146 ± (0.096)	__	3.057 ± (0.047)	1.667	1.846	0.692	m
25	1.660 ± (0.055)	1.373 ± (0.006)	__	3.032 ± (0.048)	1.209	1.831	0.829	m
26	1.663 ± (0.100)	1.309 ± (0.091)	__	2.972 ± (0.009)	1.270	1.795	0.790	m
27	1.677 ± (0.083)	1.225 ± (0.161)	__	2.902 ± (0.078)	1.369	1.753	0.740	m
28	1.616 ± (0.026)	1.278 ± (0.062)	__	2.894 ± (0.087)	1.265	1.748	0.771	m
29	1.724 ± (0.089)	1.150 ± (0.020)	__	2.874 ± (0.069)	1.499	1.736	0.695	m
30 (S)	1.720 ± (0.098)	1.118 ± (0.140)	__	2.838 ± (0.042)	1.539	1.714	0.675	m
31	1.558 ± (0.083)	1.250 ± (0.067)	__	2.807 ± (0.016)	1.246	1.695	0.755	m
32	1.632 ± (0.046)	1.150 ± (0.046)	__	2.782 ± (0.000)	1.420	1.680	0.694	m
33	1.476 ± (0.018)	1.258 ± (0.034)	__	2.734 ± (0.016)	1.174	1.651	0.760	m
34	1.646 ± (0.013)	1.063 ± (0.004)	__	2.709 ± (0.017)	1.548	1.636	0.642	m
35	1.544 ± (0.099)	1.141 ± (0.115)	__	2.685 ± (0.016)	1.353	1.621	0.689	m
36	1.618 ± (0.051)	1.032 ± (0.040)	__	2.650 ± (0.011)	1.568	1.600	0.623	m
37	1.387 ± (0.062)	1.221 ± (0.058)	__	2.607 ± (0.005)	1.136	1.575	0.737	m
38	1.417 ± (0.082)	1.174 ± (0.096)	__	2.591 ± (0.014)	1.207	1.564	0.709	m
39	1.501 ± (0.039)	1.046 ± (0.059)	__	2.547 ± (0.020)	1.436	1.538	0.632	m
40	1.462 ± (0.150)	1.046 ± (0.110)	__	2.508 ± (0.041)	1.397	1.515	0.632	m
41	1.322 ± (0.078)	1.141 ± (0.071)	__	2.462 ± (0.007)	1.159	1.487	0.689	m
42	1.293 ± (0.082)	1.138 ± (0.117)	__	2.431 ± (0.035)	1.135	1.468	0.687	m
43	1.434 ± (0.005)	0.903 ± (0.008)	__	2.336 ± (0.003)	1.588	1.411	0.545	m
44	1.209 ± (0.060)	1.101 ± (0.060)	__	2.310 ± (0.000)	1.099	1.395	0.665	m
45	1.223 ± (0.074)	1.041 ± (0.024)	__	2.264 ± (0.050)	1.175	1.367	0.629	m
46	1.191 ± (0.092)	1.037 ± (0.037)	__	2.227 ± (0.055)	1.149	1.345	0.626	m
47	1.270 ± (0.012)	0.928 ± (0.085)	__	2.198 ± (0.097)	1.368	1.328	0.561	m
48	1.524 ± (0.443)	0.638 ± (0.359)	__	2.162 ± (0.084)	2.387	1.306	0.386	sm
49	1.184 ± (0.120)	0.965 ± (0.212)	__	2.149 ± (0.091)	1.227	1.298	0.583	m
50 (S)	1.472 ± (0.393)	0.648 ± (0.492)	__	2.120 ± (0.099)	2.272	1.280	0.391	sm
51	1.181 ± (0.133)	0.869 ± (0.089)	__	2.050 ± (0.045)	1.359	1.238	0.525	m
52	1.050 ± (0.043)	0.984 ± (0.020)	__	2.064 ± (0.063)	1.067	1.229	0.594	m
53	1.321 ± (0.394)	0.668 ± (0.445)	__	1.990 ± (0.051)	1.978	1.202	0.404	sm
54	1.069 ± (0.032)	0.842 ± (0.025)	__	1.911 ± (0.008)	1.270	1.154	0.508	m
55	1.029 ± (0.001)	0.835 ± (0.038)	__	1.863 ± (0.037)	1.232	1.125	0.504	m
56	0.992 ± (0.109)	0.781 ± (0.188)	__	1.773 ± (0.079)	1.270	1.071	0.472	m

TF% = 42.739 S1% = 34.860 CV = 24.226 DRRL = 2.001 D1 = 1.763 2n = 108

Haploid set length = 165.594 ± (9.95) µ Karyotype Formula = 53m + 3 sm Class of the karyotype = 2B

AR = Arm Ratio; CV = Coefficient of Vaiation; D1 = Dispersion Index; DRRL = Difference of Range of Relative Length
F % = Form percentage; LA = Long Arm satellite; M= Medium point; m= Medium region; RL=Relative Length of chromosome
[S] = Not paired; SA = Short Arm satellite; S1 = Symmetry Index; sm = Sub medium region; st = Sub terminal region
t = Terminal region; T = Terminal point; TF% = Total Form percentage

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- میانگین و انحراف معیار اندازه‌های کروموزومی و خصوصیات کاریوتیپی نیشکر، رقم CP48

Table 2. Mean and standard deviation of chromosomal lengths and karyotype features of sugarcane cultivar CP48

No.	Long arm (µ)	Short arm (µ)	Satelite	Total length (µ)	AR	RL%	F%	Type
1	1.579 ± (0.019)	1.381± (0.113)	__	2.960 ± (0.132)	1.144	2.662	1.242	m
2	1.597 ± (0.021)	1.241 ± (0.115)	__	2.838 ± (0.137)	1.287	2.552	1.116	m
3	1.483 ± (0.059)	1.284 ± (0.039)	__	2.767 ± (0.098)	1.155	2.488	1.154	m
4 (S)	1.558 ± (0.038)	1.153 ± (0.069)	__	2.711 ± (0.107)	1..351	2.438	1.037	m
5	1.357 ± (0.066)	1.268 ± (0.006)	__	2.625 ± (0.061)	1.070	2.361	1.141	m
6	1.401 ± (0.087)	1.112 ± (0.190)	__	2.514 ± (0.103)	1.260	2.261	1.000	m
7	1.405 ± (0.024)	1.070 ± (0.073)	__	2.475 ± (0.097)	1.312	2.226	0.963	m
8	1.392 ± (0.053)	1.029 ± (0.167)	__	2.421 ± (0.114)	1.353	2.177	0.925	m
9	1.284 ± (0.063)	1.077 ± (0.152)	__	2.361 ± (0.089)	1.193	2.124	0.968	m
10	1.409 ± (0.073)	0.914 ± (0.057)	__	2.323 ± (0.131)	1.541	2.089	0.822	m
11	1.279 ± (0.139)	1.020 ± (0.013)	__	2.299 ± (0.126)	1.254	2.067	0.917	m
12	1.239± (0.027)	1.037 ± (0.147)	__	2.276 ± (0.120)	1.194	2.047	0.933	m
13 (S)	1.371 ± (0.162)	0.892 ± (0.274)	__	2.263 ± (0.112)	1.537	2.036	0.802	m
14	1.318 ± (0.112)	0.921 ± (0.002)	__	2.239 ± (0.110)	1.432	2.014	0.828	m
15	1.331 ± (0.008)	0.894 ± (0.131)	__	2.225 ± (0.123)	1.490	2.001	0.804	m
16	1.209 ± (0.055)	1.009 ± (0.175)	__	2.218 ± (0.120)	1.198	1.995	0.908	m
17	1.261 ± (0.211)	0.927 ± (0.074)	__	2.188 ± (0.136)	1.361	1.968	0.833	m
18	1.231 ± (0.123)	0.948 ± (0.007)	__	2.179 ± (0.130)	1.299	1.960	0.852	m
19	1.235 ± (0.059)	0.930 ± (0.071)	__	2.165 ± (0.130)	1.328	1.947	0.836	m
20	1.187 ± (0.058)	0.961 ± (0.059)	__	2.148 ± (0.117)	1.234	1.932	0.865	m
21	1.179 ± (0.007)	0.928 ± (0.140)	__	2.107 ± (0.133)	1.269	1.895	0.835	m
22	1.128 ± (0.068)	0.960 ± (0.046)	__	2.088 ± (0.114)	1.175	1.877	0.863	m
23	1.092 ± (0.106)	0.964 ± (0.004)	__	2.056 ± (0.102)	1.132	1.849	0.867	m
24	1.161 ± (0.010)	0.884 ± (0.123)	__	2.045 ± (0.114)	1.313	1.839	0.795	m
25	1.116 ± (0.065)	0.911 ± (0.180)	__	2.026 ± (0.115)	1.225	1.823	0.819	m
26	1.162 ± (0.057)	0.835 ± (0.189)	__	1.997 ± (0.132)	1.393	1.796	0.751	m
27	1.103 ± (0.155)	0.879 ± (0.022)	__	1.983 ± (0.133)	1.254	1.783	0.791	m
28	1.080 ± (0.156)	0.888 ± (0.013)	__	1.960 ± (0.142)	1.217	1.770	0.798	m
29	1.138 ± (0.095)	0.803 ± (0.023)	__	1.941 ± (0.118)	1.416	1.746	0.723	m
30	1.167 ± (0.106)	0.768 ± (0.219)	__	1.935 ± (0.113)	1.519	1.740	0.691	m
31	1.115 ± (0.140)	0.817 ± (0.025)	__	1.932 ± (0.115)	1.365	1.738	0.735	m
32	1.028 ± (0.016)	0.894 ± (0.144)	__	1.922 ± (0.128)	1.149	1.729	0.804	m
33	1.109 ± (0.164)	0.803 ± (0.037)	__	1.912 ± (0.126)	1.381	1.720	0.722	m
34	1.079 ± (0.027)	0.815 ± (0.135)	__	1.894 ± (0.108)	1.325	1.703	0.733	m
35	1.142 ± (0.023)	0.734 ± (0.079)	__	1.876 ± (0.102)	1.556	1.687	0.660	m
36	1.026 ± (0.069)	0.843 ± (0.030)	__	1.869 ± (0.099)	1.216	1.681	0.758	m
37	1.059 ± (0.095)	0.789 ± (0.017)	__	1.848 ± (0.078)	1.342	1.662	0.710	m
38	0.988 ± (0.029)	0.848 ± (0.109)	__	1.836 ± (0.080)	1.165	1.651	0.763	m
39	1.038 ± (0.079)	0.756 ± (0.019)	__	1.794 ± (0.098)	1.372	1.614	0.680	m
40	0.967 ± (0.020)	0.797 ± (0.090)	__	1.764 ± (0.709)	1.214	1.5787	0.717	m
41	0.976 ± (0.139)	0.782 ± (0.028)	__	1.758 ± (0.111)	1.247	1.581	0.703	m
42	1.007 ± (0.002)	0.735 ± (0.096)	__	1.743 ± (0.098)	1.371	1.567	0.661	m
43	0.989 ± (0.013)	0.728 ± (0.067)	__	1.717 ± (0.080)	1.359	1.544	0.655	m
44	0.954 ± (0.027)	0.751 ± (0.102)	__	1.705 ± (0.075)	1.270	1.533	0.675	m
45	0.884 ± (0.069)	0.795 ± (0.029)	__	1.678 ± (0.098)	1.112	1.509	0.715	m
46	0.907 ± (0.111)	0.744 ± (0.021)	__	1.651 ± (0.089)	1.219	1.485	0.669	m
47	0.869 ± (0.038)	0.772 ± (0.050)	__	1.641 ± (0.088)	1.126	1.476	0.694	m
48	0.928 ± (0.101)	0.675 ± (0.038)	__	1.603 ± (0.063)	1.376	1.442	0.607	m
49	0.851 ± (0.027)	0.731 ± (0.039)	__	1.582 ± (0.066)	1.165	1.422	0.657	m
50	0.894 ± (0.027)	0.665 ± (0.072)	__	1.559 ± (0.045)	1.344	1.402	0.598	m
51	0.813 ± (0.032)	0.721 ± (0.101)	__	1.533 ± (0.069)	1.128	1.379	0.648	m
52	0.817 ± (0.045)	0.662 ± (0.015)	__	1.479 ± (0.059)	1.234	1.330	0.596	m
53	0.807 ± (0.028)	0.610 ± (0.058)	__	1.416 ± (0.087)	1.323	1.274	0.548	m
54	0.765 ± (0.061)	0.597 ± (0.016)	__	1.361 ± (0.077)	1.282	1.224	0.537	m
55	0.757 ± (0.022)	0.582 ± (0.096)	__	1.339 ± (0.074)	1.301	1.204	0.523	m
TF% = 43.648	S1% = 45.245	CV = 18.388	DRRL = 1.458	D1 = 2.383	2n = 108			
Haploid set length = 111.182 ± (4.37) µ	Karyotype Formula = 55m	Class of the karyotype = 1B						

AR = Arm Ratio; CV = Coefficient of Vaiation; D1 = Dispersion Index; DRRL = Difference of Range of Relative Length
F % = Form percentage; LA = Long Arm satellite; M= Medium point; m= Medium region; RL=Relative Length of chromosome
[S] = Not paired; SA = Short Arm satellite; S1 = Symmetry Index; sm = Sub medium region; st = Sub terminal region
t = Terminal region; T = Terminal point; TF% = Total Form percentage

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- میانگین و انحراف معیار اندازه‌های کروموزومی و خصوصیات کاریوتیپی نیشکر، رقم CP69

Table 3. Mean and standard deviation of chromosomal lengths and karyotype features of sugarcane cultivar CP69

No.	Long arm (µ)	Short arm (µ)	Satelite	Total length (µ)	AR	RL%	F%	Type
1	1.953 ± (0.103)	1.685± (0.114)	__	3.639 ± (0.217)	1.159	2.879	1.334	m
2 (S)	1.857 ± (0.107)	1.578 ± (0.031)	__	3.434 ± (0.138)	1.777	2.718	1.248	m
3	1.678 ± (0.165)	1.521 ± (0.040)	__	3.199 ± (0.205)	1.104	2.531	1.203	m
4	1.749 ± (0.025)	1.403 ± (0.217)	__	3.152 ± (0.192)	1.246	2.494	1.110	m
5	1.625 ± (0.153)	1.447 ± (0.010)	__	3.072 ± (0.143)	1.124	2.431	1.145	M
6	1.547 ± (0.043)	1.408 ± (0.134)	__	2.956 ± (0.177)	1.099	2.339	1.115	m
7	1.663 ± (0.037)	1.273 ± (0.146)	__	2.936 ± (0.183)	1.307	2.324	1.007	m
8	1.666 ± (0.199)	1.220 ± (0.041)	__	2.886 ± (0.158)	1.365	2.284	0.965	m
9	1.680 ± (0.048)	1.167 ± (0.180)	__	2.847 ± (0.131)	1.440	2.253	0.923	m
10	1.562 ± (0.110)	1.239 ± (0.195)	__	2.801 ± (0.086)	1.260	2.216	0.981	m
11	1.617 ± (0.096)	1.127 ± (0.015)	__	2.744 ± (0.111)	1.435	2.172	0.892	m
12	1.623± (0.104)	1.026 ± (0.067)	__	2.649 ± (0.170)	1.582	2.097	0.812	m
13	1.613 ± (0.002)	1.031 ± (0.168)	__	2.643 ± (0.170)	1.565	2.092	0.816	m
14	1.644 ± (0.188)	0.972 ± (0.007)	__	2.616 ± (0.181)	1.692	2.070	0.769	m
15	1.400 ± (0.079)	1.196 ± (0.093)	__	2.596 ± (0.172)	1.170	2.055	0.947	m
16	1.567 ± (0.061)	1.013 ± (0.124)	__	2.579 ± (0.185)	1.547	2.041	0.801	m
17 (S)	1.375 ± (0.015)	1.143 ± (0.178)	__	2.518 ± (0.193)	1.203	1.993	0.904	m
18	1.396 ± (0.165)	1.111 ± (0.039)	__	2.506 ± (0.204)	1.257	1.984	0.879	m
19	1.460 ± (0.054)	1.024 ± (0.158)	__	2.485 ± (0.211)	1.425	1.966	0.811	m
20	1.428 ± (0.090)	1.020 ± (0.301)	__	2.448 ± (0.210)	1.400	1.937	0.807	m
21	1.261 ± (0.118)	1.183 ± (0.094)	__	2.444 ± (0.211)	1.066	1.934	0.936	m
22	1.382 ± (0.243)	1.033 ± (0.014)	__	2.415 ± (0.229)	1.339	1.911	0.817	m
23	1.399 ± (0.116)	1.000 ± (0.098)	__	2.399 ± (0.214)	1.400	1.899	0.791	m
24	1.325 ± (0.212)	1.061 ± (0.011)	__	2.386 ± (0.201)	1.248	1.888	0.840	m
25	1.400 ± (0.033)	0.915 ± (0.162)	__	2.315 ± (0.194)	1.530	1.832	0.724	m
26	1.243 ± (0.124)	1.021 ± (0.112)	__	2.263 ± (0.236)	1.218	1.791	0.808	m
27	1.282 ± (0.062)	0.973 ± (0.168)	__	2.255 ± (0.230)	1.317	1.785	0.770	m
28	1.287 ± (0.037)	0.927 ± (0.154)	__	2.214 ± (0.191)	1.389	1.752	0.733	m
29	1.342 ± (0.211)	0.845 ± (0.004)	__	2.187 ± (0.206)	1.589	1.731	0.668	m
30	1.135 ± (0.115)	1.036 ± (0.084)	__	2.171 ± (0.200)	1.096	1.718	0.820	m
31	1.212 ± (0.144)	0.954 ± (0.060)	__	2.166 ± (0.204)	1.270	1.714	0.755	m
32	1.214 ± (0.196)	0.928 ± (0.003)	__	2.142 ± (0.199)	1.308	1.695	0.734	m
33	1.163 ± (0.052)	0.948 ± (0.143)	__	2.112 ± (0.195)	1.226	1.671	0.751	m
34	1.047 ± (0.084)	1.011 ± (0.067)	__	2.058 ± (0.151)	1.036	1.629	0.800	m
35	1.118 ± (0.069)	0.916 ± (0.067)	__	2.034 ± (0.136)	1.221	1.609	0.725	m
36	1.327 ± (0.339)	0.687 ± (0.201)	__	2.014 ± (0.139)	1.931	1.594	0.544	sm
37	1.132 ± (0.032)	0.867 ± (0.157)	__	2.000 ± (0.125)	1.306	1.582	0.686	m
38	1.102 ± (0.097)	0.836 ± (0.085)	__	1.938 ± (0.182)	1.319	1.534	0.661	m
39	1.269 ± (0.063)	0.644 ± (0.096)	__	1.913 ± (0.159)	1.973	1.514	0.509	sm
40	1.048 ± (0.148)	0.853 ± (0.014)	__	1.901 ± (0.161)	1.230	1.504	0.675	m
41	1.014 ± (0.100)	0.884 ± (0.062)	__	1.898 ± (0.162)	1.147	1.502	0.699	m
42	1.145 ± (0.033)	0.740 ± (0.188)	__	1.885 ± (0.155)	1.548	1.492	0.586	m
43	0.951 ± (0.081)	0.922 ± (0.065)	__	1.873 ± (0.147)	1.031	1.482	0.730	m
44	1.022 ± (0.010)	0.823 ± (0.123)	__	1.845 ± (0.133)	1.242	1.460	0.651	m
45	0.954 ± (0.043)	0.882 ± (0.092)	__	1.836 ± (0.135)	1.082	1.453	0.698	m
46	1.106 ± (0.233)	0.691 ± (0.074)	__	1.797 ± (0.160)	1.602	1.422	0.547	m
47	0.923 ± (0.082)	0.846 ± (0.097)	__	1.769 ± (0.179)	1.090	1.400	0.670	m
48	0.951 ± (0.106)	0.769 ± (0.095)	__	1.718 ± (0.201)	1.239	1.360	0.607	m
49	0.964 ± (0.044)	0.695 ± (0.161)	__	1.659 ± (0.205)	1.388	1.313	0.550	m
50	0.928 ± (0.216)	0.710 ± (0.008)	__	1.638 ± (0.224)	1.308	1.296	0.562	m
51	1.007 ± (0.047)	0.526 ± (0.247)	__	1.533 ± (0.294)	1.915	1.213	0.416	sm
52	0.802 ± (0.109)	0.615 ± (0.265)	__	1.417 ± (0.374)	1.305	1.121	0.486	m
53	0.455 ± (0.455)	0.438 ± (0.438)	__	0.893 ± (0.893)	1.040	0.706	0.346	m
54	0.468 ± (0.468)	0.414 ± (0.414)	__	0.882 ± (0.882)	1.129	0.698	0.328	m
55	0.463 ± (0.463)	0.393 ± (0.393)	__	0.856 ± (0.856)	1.179	0.677	0.311	m
56	0.411 ± (0.411)	0.377 ± (0.377)	__	0.788 ± (0.788)	1.090	0.623	0.298	m
57	0.417 ± (0.417)	0.329 ± (0.329)	__	0.745 ± (0.745)	1.268	0.590	0.260	m
58	0.381 ± (0.381)	0.347 ± (0.347)	__	0.728 ± (0.728)	1.096	0.576	0.275	m
59 (S)	0.333 ± (0.333)	0.237 ± (0.237)	__	0.571 ± (0.571)	1.405	0.452	0.188	m

TF% = 43.425 S1% = 15.681 CV = 31.870 DRRL = 2.428 D1 = 1.365 2n = 115

Haploid set length = 126.363 ± (15.03) µ Karyotype Formula = 56m + 3sm Class of the karyotype = 1C

AR = Arm Ratio; CV = Coefficient of Vaiation; D1 = Dispersion Index; DRRL = Difference of Range of Relative Length
F % = Form percentage; LA = Long Arm satellite; M= Medium point; m= Medium region; RL=Relative Length of chromosome
[S] = Not paired; SA = Short Arm satellite; S1 = Symmetry Index; sm = Sub medium region; st = Sub terminal region
t = Terminal region; T = Terminal point; TF% = Total Form percentage

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- میانگین و انحراف معیار اندازه‌های کروموزومی و خصوصیات کاریوتیپی نیشکر، رقم SP70

Table 4. Mean and standard deviation of chromosomal lengths and karyotype features of sugarcane cultivar SP70

No.	Long arm (µ)	Short arm (µ)	Satelite	Total length (µ)	AR	RL%	F%	Type
1	2.060 ± (0.116)	1.950 ± (0.003)	__	4.010 ± (0.113)	1.056	2.740	1.333	m
2	2.057 ± (0.144)	1.622 ± (0.096)	__	3.678 ± (0.048)	1.268	2.513	1.108	m
3	1.893 ± (0.007)	1.703 ± (0.010)	__	3.596 ± (0.004)	1.111	2.457	1.164	m
4	1.785 ± (0.004)	1.769 ± (0.012)	__	3.554 ± (0.016)	1.009	2.428	1.209	m
5	1.853 ± (0.058)	1.624 ± (0.026)	__	3.478 ± (0.033)	1.141	2.376	1.110	m
6 (S)	2.146 ± (0.056)	1.271 ± (0.010)	__	3.417 ± (0.046)	1.688	2.335	0.869	m
7	1.797 ± (0.125)	1.542 ± (0.127)	__	3.340 ± (0.001)	1.166	2.282	1.054	m
8	1.774 ± (0.156)	1.508 ± (0.049)	__	3.282 ± (0.107)	1.176	2.242	1.030	m
9	1.870 ± (0.021)	1.354 ± (0.042)	__	3.224 ± (0.063)	1.381	2.203	0.925	m
10	1.806 ± (0.059)	1.331 ± (0.042)	__	3.137 ± (0.018)	1.356	2.143	0.910	m
11	1.703 ± (0.194)	1.413 ± (0.209)	__	3.116 ± (0.015)	1.206	2.129	0.965	m
12	1.623± (0.013)	1.438 ± (0.018)	__	3.061 ± (0.031)	1.128	2.091	0.983	m
13	1.797 ± (0.081)	1.219 ± (0.096)	__	3.016 ± (0.015)	1.475	2.061	0.833	m
14	1.696 ± (0.078)	1.248 ± (0.089)	__	2.945 ± (0.011)	1.359	2.012	0.853	m
15	1.795 ± (0.158)	1.128 ± (0.156)	__	2.923 ± (0.002)	1.591	1.997	0.771	m
16	1.791 ± (0.198)	1.119 ± (0.192)	__	2.910 ± (0.007)	1.601	1.988	0.764	m
17	1.651 ± (0.025)	1.208 ± (0.045)	__	2.858 ± (0.020)	1.367	1.953	0.825	m
18	1.566 ± (0.014)	1.228 ± (0.018)	__	2.794 ± (0.004)	1.276	1.909	0.839	m
19	1.579 ± (0.023)	1.198 ± (0.039)	__	2.777 ± (0.015)	1.318	1.898	0.819	m
20	1.472 ± (0.073)	1.268 ± (0.052)	__	2.740 ± (0.021)	1.160	1.872	0.867	m
21	1.475 ± (0.009)	1.258 ± (0.013)	__	2.733 ± (0.022)	1.172	1.867	0.860	m
22	1.564 ± (0.083)	1.109 ± (0.074)	__	2.673 ± (0.009)	1.410	1.827	0.758	m
23	1.486 ± (0.015)	1.164 ± (0.024)	__	2.650 ± (0.008)	1.277	1.810	0.795	m
24	1.585 ± (0.188)	1.045 ± (0.206)	__	2.631 ± (0.018)	1.517	1.797	0.714	m
25	1.480 ± (0.132)	1.126 ± (0.128)	__	2.606 ± (0.004)	1.313	1.781	0.770	m
26	1.480 ± (0.074)	0.090 ± (0.038)	__	2.570 ± (0.036)	1.359	1.756	0.744	m
27	1.528 ± (0.105)	1.008 ± (0.120)	__	2.537 ± (0.016)	1.516	1.733	0.689	m
28	1.531 ± (0.083)	0.983 ± (0.087)	__	2.514 ± (0.004)	1.558	1.718	0.672	m
29	1.364 ± (0.162)	1.148 ± (0.165)	__	2.512 ± (0.003)	1.189	1.716	0.784	m
30	1.382 ± (0.014)	1.101 ± (0.019)	__	2.483 ± (0.005)	1.256	1.697	0.752	m
31	1.373 ± (0.109)	1.093 ± (0.101)	__	2.466 ± (0.008)	1.257	1.685	0.747	m
32 (S)	1.405 ± (0.127)	1.011 ± (0.129)	__	2.416 ± (0.002)	1.389	1.651	0.691	m
33	1.319 ± (0.009)	1.067 ± (0.006)	__	2.386 ± (0.003)	1.237	1.630	0.729	m
34	1.405 ± (0.033)	0.956 ± (0.010)	__	2.361 ± (0.023)	1.469	1.613	0.653	m
35	1.380 ± (0.197)	0.933 ± (0.149)	__	2.314 ± (0.048)	1.479	1.581	0.638	m
36	1.238 ± (0.037)	1.060 ± (0.097)	__	2.299 ± (0.059)	1.168	1.571	0.724	m
37	1.365 ± (0.005)	0.918 ± (0.075)	__	2.282 ± (0.070)	1.487	1.559	0.627	m
38	1.417 ± (0.032)	0.861 ± (0.104)	__	2.278 ± (0.073)	1.646	1.557	0.588	m
39	1.154 ± (0.035)	1.101 ± (0.024)	__	2.255 ± (0.059)	1.048	1.541	0.752	m
40	1.367 ± (0.081)	0.858 ± (0.013)	__	2.225 ± (0.068)	1.594	1.520	0.586	m
41	1.185 ± (0.037)	1.023 ± (0.091)	__	2.209 ± (0.053)	1.159	1.509	0.699	m
42	1.215 ± (0.059)	0.962 ± (0.003)	__	2.177 ± (0.062)	1.263	1.488	0.657	m
43	1.202 ± (0.010)	0.935 ± (0.010)	__	2.137 ± (0.020)	1.285	1.460	0.639	m
44	1.164 ± (0.021)	0.912 ± (0.051)	__	2.076 ± (0.030)	1.277	1.418	0.623	m
45	1.108 ± (0.130)	0.939 ± (0.124)	__	2.047 ± (0.006)	1.180	1.399	0.642	m
46	1.174 ± (0.057)	0.857 ± (0.048)	__	2.031 ± (0.009)	1.369	1.388	0.586	m
47	1.121 ± (0.109)	0.846 ± (0.101)	__	1.968 ± (0.008)	1.325	1.344	0.578	m
48	1.064 ± (0.029)	0.877 ± (0.042)	__	1.942 ± (0.013)	1.213	1.327	0.600	m
49	1.023 ± (0.068)	0.889 ± (0.066)	__	1.912 ± (0.001)	1.151	1.306	0.607	m
50	1.107 ± (0.042)	0.763 ± (0.012)	__	1.870 ± (0.030)	1.451	1.278	0.521	m
51	0.953 ± (0.012)	0.870 ± (0.045)	__	1.822 ± (0.057)	1.096	1.245	0.594	m
52	1.051 ± (0.054)	0.730 ± (0.011)	__	1.781 ± (0.065)	1.440	1.217	0.499	m
53	0.979 ± (0.106)	0.765 ± (0.027)	__	1.744 ± (0.079)	1.280	1.192	0.523	m
54	0.967 ± (0.087)	0.750 ± (0.182)	__	1.716 ± (0.095)	1.289	1.173	0.512	m
55	0.888 ± (0.089)	0.761 ± (0.031)	__	1.648 ± (0.120)	1.166	1.126	0.520	m
56	0.950 ± (0.192)	0.617 ± (0.033)	__	1.567 ± (0.159)	1.540	1070	0.421	m
57	0.797 ± (0.155)	0.577 ± (0.059)	__	1.374 ± (0.214)	1.381	0.939	0.394	

TF% = 42.739 S1% = 34.860 CV = 24.226 DRRL = 2.001 D1 = 1.763 2n = 108

Haploid set length = 165.594 ± (9.95) µ Karyotype Formula = 53m + 3 sm Class of the karyotype = 2B

AR = Arm Ratio; CV = Coefficient of Vaiation; D1 = Dispersion Index; DRRL = Difference of Range of Relative Length
F % = Form percentage; LA = Long Arm satellite; M= Medium point; m= Medium region; RL=Relative Length of chromosome
[S] = Not paired; SA = Short Arm satellite; S1 = Symmetry Index; sm = Sub medium region; st = Sub terminal region
t = Terminal region; T = Terminal point; TF% = Total Form percentage

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- میانگین وانحراف معیار اندازه‌های کروموزومی وخصوصیات کاریوتیپی‌نیشکر،رقم NCo-310

Table 5. Mean and standard deviation of chromosomal lengths and karyotype features of sugarcane cultivar NCo-310

No.	Long arm (µ)	Short arm (µ)	Satelite	Total length (µ)	AR	RL%	F%	Type
1	1.902 ± (0.009)	1.788 ± (0.077)	__	3.691 ± (0.087)	1.064	2.545	1.233	m
2	1.972 ± (0.109)	1.666 ± (0.015)	__	3.638 ± (0.124)	1.184	2.509	1.149	m
3	1.836 ± (0.001)	1.669 ± (0.067)	__	3.505 ± (0.068)	1.100	2.417	1.151	m
4	1.988 ± (0.035)	1.493 ± (0.046)	__	3.481 ± (0.081)	1.332	2.400	1.030	m
5	1.732 ± (0.125)	1.611 ± (0.062)	__	3.343 ± (0.186)	1.075	2.306	1.111	m
6 (S)	2.163 ± (0.169)	1.133 ± (0.003)	__	3.296 ± (0.167)	1.909	2.273	0.781	m
7	1.667 ± (0.098)	1.551 ± (0.014)	__	3.218 ± (0.083)	1.075	2.219	1.070	m
8 (S)	1.730 ± (0.095)	1.419 ± (0.151)	__	3.149 ± (0.056)	1.219	2.172	0.979	m
9	1.709 ± (0.121)	1.334 ± (0.028)	__	3.043 ± (0.148)	1.282	2.098	0.920	m
10	1.682 ± (0.011)	1.317 ± (0.097)	__	2.299 ± (0.108)	1.277	2.068	0.908	m
11	1.779 ± (0.165)	1.155 ± (0.080)	__	2.934 ± (0.085)	1.540	2.023	0.796	m
12	1.785± (0.164)	1.127 ± (0.067)	__	2.912 ± (0.097)	1.584	2.008	0.777	m
13	1.767 ± (0.083)	1.119 ± (0.037)	__	2.886 ± (0.120)	1.579	1.990	0.772	m
14	1.718 ± (0.061)	1.154 ± (0.171)	__	2.872 ± (0.110)	1.489	1.980	0.796	m
15	1.544 ± (0.235)	1.274 ± (0.090)	__	2.817 ± (0.144)	1.212	1.943	0.878	m
16	1.511 ± (0.179)	1.282 ± (0.025)	__	2.793 ± (0.154)	1.178	1.926	0.884	m
17	1.617 ± (0.061)	1.143 ± (0.169)	__	2.760 ± (0.108)	1.415	1.903	0.788	m
18	1.601 ± (0.057)	1.133 ± (0.008)	__	2.734 ± (0.065)	1.414	1.885	0.781	m
19 (S)	1.542 ± (0.159)	1.182 ± (0.086)	__	2.724 ± (0.073)	1.305	1.878	0.815	m
20	1.564 ± (0.220)	1.124 ± (0.125)	__	2.689 ± (0.095)	1.391	1.854	0.775	m
21	1.518 ± (0.163)	1.131 ± (0.214)	__	2.649 ± (0.052)	1.342	1.827	0.780	m
22	1.489 ± (0.033)	1.136 ± (0.010)	__	2.625 ± (0.043)	1.310	1.810	0.783	m
23	1.474 ± (0.025)	1.093 ± (0.093)	__	2.567 ± (0.069)	1.349	1.770	0.753	m
24	1.383 ± (0.020)	1.169 ± (0.060)	__	2.552 ± (0.080)	1.183	1.760	0.806	m
25	1.368 ± (0.030)	1.151 ± (0.135)	__	2.519 ± (0.104)	1.188	1.737	0.794	m
26	1.433 ± (0.012)	1.056 ± (0.097)	__	2.489 ± (0.109)	1.358	1.716	0.728	m
27	1.434 ± (0.103)	1.017 ± (0.030)	__	2.451 ± (0.133)	1.410	1.690	0.701	m
28	1.358 ± (0.017)	1.072 ± (0.157)	__	2.431 ± (0.139)	1.267	1.676	0.739	m
29	1.425 ± (0.054)	0.968 ± (0.111)	__	2.393 ± (0.165)	1.473	1.650	0.667	m
30	1.307 ± (0.023)	1.069 ± (0.158)	__	2.376 ± (0.181)	1.222	1.638	0.737	m
31	1.331 ± (0.169)	1.024 ± (0.030)	__	2.355 ± (0.199)	1.300	1.624	0.706	m
32	1.225 ± (0.069)	1.117 ± (0.111)	__	2.342 ± (0.180)	1.097	1.615	0.770	m
33	1.389 ± (0.118)	0.937 ± (0.049)	__	2.326 ± (0.167)	1.482	1.604	0.646	m
34	1.410 ± (0.107)	0.887 ± (0.041)	__	2.297 ± (0.148)	1.590	1.584	0.612	m
35	1.298 ± (0.309)	0.982 ± (0.184)	__	2.280 ± (0.125)	1.321	1.572	0.677	m
36	1.355 ± (0.202)	0.916 ± (0.068)	__	2.271 ± (0.133)	1.478	1.566	0.632	m
37	1.331 ± (0.037)	0.930 ± (0.094)	__	2.261 ± (0.131)	1.431	1.559	0.641	m
38	1.205 ± (0.004)	0.992 ± (0.118)	__	2.197 ± (0.114)	1.215	1.515	0.684	m
39	1.211 ± (0.086)	0.979 ± (0.030)	__	2.190 ± (0.117)	1.237	1.510	0.675	m
40	1.194 ± (0.109)	0.971 ± (0.031)	__	2.165 ± (0.140)	1.229	1.493	0.670	m
41	1.152 ± (0.040)	1.002 ± (0.102)	__	2.154 ± (0.142)	1.150	1.485	0.691	m
42	1.351 ± (0.146)	0.788 ± (0.299)	__	2.139 ± (0.153)	1.715	1.475	0.543	sm
43	1.212 ± (0.089)	0.907 ± (0.213)	__	2.119 ± (0.124)	1.337	1.461	0.625	m
44	1.275 ± (0.215)	0.830 ± (0.086)	__	2.105 ± (0.129)	1.536	1.451	0.572	m
45	1.160 ± (0.020)	0.898 ± (0.155)	__	2.058 ± (0.134)	1.291	1.419	0.619	m
46	1.090 ± (0.023)	0.957 ± (0.099)	__	2.047 ± (0.122)	1.140	1.411	0.660	m
47	1.081 ± (0.140)	0.958 ± (0.016)	__	2.039 ± (0.124)	1.128	1.406	0.661	m
48	1.141 ± (0.129)	0.878 ± (0.015)	__	2.019 ± (0.144)	1.300	1.392	0.605	m
49	1.042 ± (0.078)	0.933 ± (0.065)	__	1.974 ± (0.143)	1.117	1.361	0.643	m
50	1.050 ± (0.112)	0.910 ± (0.033)	__	1.961 ± (0.145)	1.154	1.352	0.628	m
51	1.009 ± (0.053)	0.903 ± (0.079)	__	1.912 ± (0.132)	1.117	1.319	0.623	m
52	1.064 ± (0.037)	0.837 ± (0.104)	__	1.883 ± (0.141)	1.250	1.298	0.577	m
53	1.020 ± (0.038)	0.802 ± (0.017)	__	1.823 ± (0.055)	1.272	1.257	0.553	m
54	1.013 ± (0.052)	0.795 ± (0.117)	__	1.808 ± (0.065)	1.273	1.247	0.549	m
55	1.009 ± (0.133)	0.770 ± (0.055)	__	1.779 ± (0.078)	1.311	1.227	0.531	m
56	0.947 ± (0.053)	0.784 ± (0.008)	__	1.731 ± (0.061)	1.207	1.194	0.541	m
57	0.891 ± (0.007)	0.804 ± (0.074)	__	1.695 ± (0.081)	1.108	1.169	0.555	m
58	0.892 ± (0.081)	0.725 ± (0.002)	__	1.617 ± (0.084)	1.230	1.115	0.500	m
59	0.496 ± (0.343)	0.441 ± (0.327)	__	0.937 ± (0.670)	1.126	0.646	0.304	m

TF% = 43.576 S1% = 25.382 CV = 22.290 DRRL = 1.899 D1 = 1.958 2n = 115

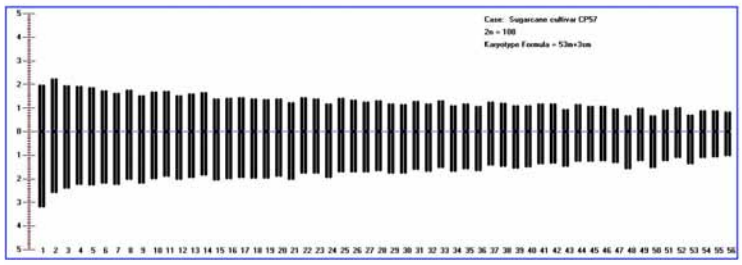
Haploid set length = 145.017 ± (5.81) µ Karyotype Formula = 57m + 2 sm Class of the karyotype = 1B

AR = Arm Ratio; CV = Coefficient of Vaiation; D1 = Dispersion Index; DRRL = Difference of Range of Relative Length
F % = Form percentage; LA = Long Arm satellite; M= Medium point; m= Medium region; RL=Relative Length of chromosome
[S] = Not paired; SA = Short Arm satellite; S1 = Symmetry Index; sm = Sub medium region; st = Sub terminal region
t = Terminal region; T = Terminal point; TF% = Total Form percentage

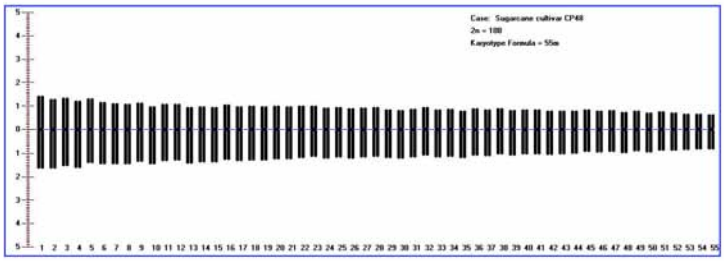
www.SID.ir

Archive of SID

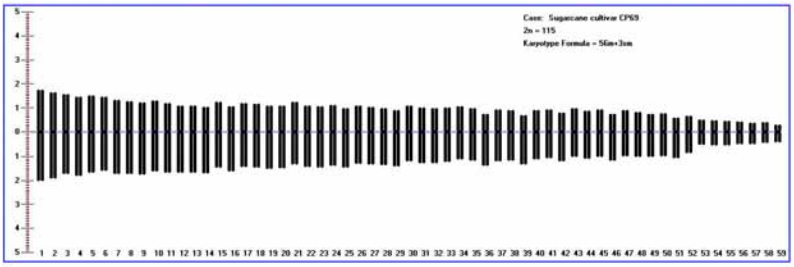
CP57



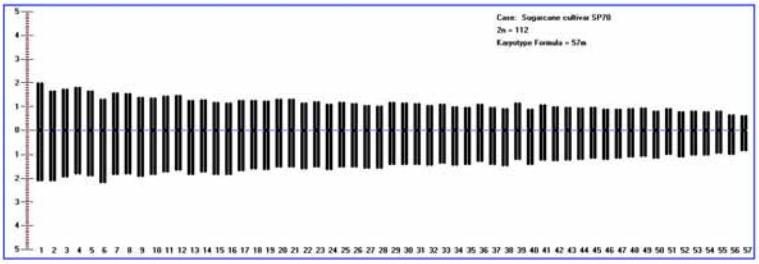
CP48



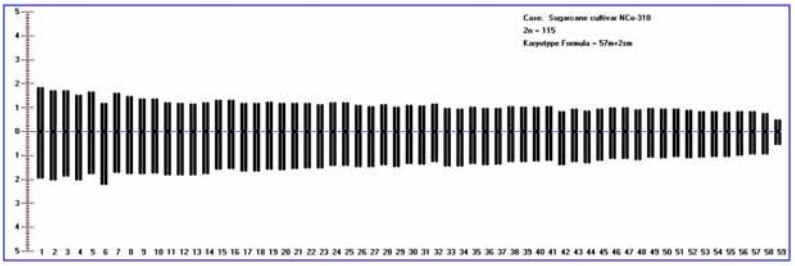
CP69



SP70



NCo-310



شکل ۲-ایدیوگرام‌های رسم شده توسط برنامه PKAP متعلق به ارقام نیشکر CP57، CP48، CP69، SP70 و NCo-310.

Fig. 2. PKAP outlined idiograms of karyotypes of the sugarcane cultivars CP57, CP48, Cp69, SP70, and NCo-310

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶- خصوصیات کلی کاریوتیپ ارقام CP57، CP48، CP69، SP70، و NCo-310 نیشکر

Table 6. General karyotype features of the sugarcane cultivars CP57, CP48, CP69, SP70, and NCo-310

Cultivar	2n	Haploid set length	%SI	DI%	CV%	DRRL	TF%	Formula	**Class**
CP57	105-108	165.59 ± 9.95	34.86	1.763	24.283	2.001	42.739	53m+3sm	**2B**
CP48	104-110	111.19 ± 4.37	45.24	2.383	18.456	1.458	43.648	55m	**1B**
CP69	108-113	126.36 ± 15.03	15.68	1.365	31.870	2.428	43.425	56m+3sm	**1C**
SP70	106-112	146.36 ± 17.91	34.26	1.901	23.008	1.801	43.117	57m	**1B**
NC0-310	**111-117**	**145.01 ± 5.81**	**25.38**	**1.958**	**22.290**	**1.899**	**43.576**	**57m+2sm**	**1B**

CV= Coefficient of Variation, DI= Dispersion Index, DRRL= Difference of Range of Relative Length, SI= Symmetry Index, TF%= Total Form percentage.

جدول ۷- آزمون همگنی واریانس ها بر اساس آماره Levene

Table 7. Test of homogeneity of variances (Levene test)

	آماره Levene	df.1	df.2	سطح معنی دار Probability
در صد شکل کلی	2.724	4	10	0.091
شاخص تقارن	2.843	4	10	0.082
ضریب تنوع	2.159	4	10	0.148
تفاوت محدوده طول نسبی	3.130	4	10	0.065
شاخص تفرق	1.182	4	10	0.376
طول کروماتین مجموعه هاپلویید	1.357	4	10	0.316

سطح معنی دار > 0.05 نشان دهنده رد نشدن فرض صفر و همگن بودن واریانس ها است.

Probability > 0.05 indicates not significant differences.

جدول ۸- آزمون‌های معنی‌دار چندمتغیره بین ارقام از حیث مجموعه متغیرهای کاریوتیپی: درصد شکل کلی، شاخص تقارن، ضریب تنوع، تفاوت محدوده طول نسبی، شاخص پراکندگی و طول کروماتین مجموعه هاپلویید

Table 8. Multivariate significant tests among cultivars for karyotypic variables: Total Form Percentage, Symmetry Index, Coefficient of Variation, Difference of Range of Relative Length, Dispersion Index, and Haploid Set Length

اثر	آماره	مقدار	F	فرضیه df.	خطا df.	سطح معنی دار Prob.
رقم	Pillai's Trace	3.224	2.724	30	45	0.001
	Wilks' Lambda	0.000	43.923	30	22	0.000
	Hotelling's Trace	46181.061	5233.854	30	17	0.000
	Roy's Largest Root	46142.995	69214.493	6	9	0.000

سطح احتمال < 0.05 نشانه معنی دار بودن تفاوت هاست.

Probability < 0.05 indicates significant differences.

به شدت معنی‌دار است (جدول ۸). آماره Wilks' Lambda معمول‌ترین آماره در جدول بوده که هرچه به سمت صفر میل کند نشان دهنده تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها است. با

www.SID.ir

Archive of SID

تجزیه واریانس یک طرفه (جدول ۹) مشخص شد که از نظر شاخص تقارن، ضریب تنوع، تفاوت محدوده طول نسبی، شاخص پراکندگی و طول کل کروماتین مجموعه هاپلوییـد بین ارقام تفاوت معنی‌دار وجود دارد اما از نظر در صد شکل کلی که به نوعی نشان‌دهنده تقارن کاریوتیپ است تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. همان گونه که انتظار می‌رفت همبستگی معنی‌داری بین دو متغیر طول بازوی بلند و طول بازوی کوتاه نیز به دست آمد که شاهد دیگری دال بر فراوانی بالای کروموزوم‌های نوع m است. غالبیت کروموزوم‌های نوع m در کاریوتیپ *S. officinarum* و *S. spontaneum* قبلاً گزارش شده است (Price, 1960 ؛ Sreenivasan *et al*., 1987) و طبیعی است که در هیبریدهای بین این دو گونه نیز وضعیت مشابهی دیده شود یعنی کروموزوم‌هایی که از گونه وحشی *S. spontaneum* در ارقام هیبرید به اشتراک گذاشته شده‌اند نیز وضعیت تقارن کاریوتیپ در گونه زراعی را تحت‌الشعاع قرار نداده‌اند. مقایسه نتایج حاصل از طبقه‌بندی کاریوتیپ‌ها با استفاده از جدول Stebbins که بر مبنای تقارن کاریوتیپ است و نتایج حاصل از تجزیه واریانس درصد شکل کلی نشان می‌دهد که کاریوتیپ‌هایی که کلاس‌های مختلف این طبقه‌بندی را اشغال می‌کنند لزوماً از

جدول ۹- تجزیه واریانس متغیرهای کاریوتیپی پنج رقم هیبرید نیشکر
Table 9. ANOVA for karyotypic variables of five sugarcane hybrid cultivars

		SS	df.	Ms	F	Probability
درصد شکل کلی	Between Groups	3.167	4	0.792	1.298	0.335
	Within Groups	6.101	10	0.610		
	Total	9.269	14			
شاخص تقارن	Between Groups	411.808	4	102.952	6.892	0.006
	Within Groups	149.372	10	14.937		
	Total	561.180	14			
ضریب تنوع	Between Groups	50.384	4	12.596	15.664	0.000
	Within Groups	8.041	10	0.804		
	Total	58.426	14			
تفاوت محدوده طول نسبی	Between Groups	0.729	4	0.182	4.027	0.034
	Within Groups	0.453	10	0.045		
	Total	1.182	14			
شاخص تفرق	Between Groups	0.589	4	0.147	19.392	0.000
	Within Groups	0.076	10	0.008		
	Total	0.665	14			
طول کروماتین مجموعه هاپلوییـد	Between Groups	4319.074	4	1079.768	6.176	0.009
	Within Groups	1748.253	10	174.825		
	Total	6067.327	14			

سطح احتمال < 0.05 نشان دهنده معنی دار بودن اختلافات است.

Probability < 0.05 indicates significant differences.

www.SID.ir

Archive of SID

لحاظ درصد شکل کلی متفاوت نیستند. در طبقه‌بندی Stebbins، نسبت طول بزرگ‌ترین کروموزوم به کوچک‌ترین کروموزوم تعیین می‌کند که کلاس کاریوتیپ در یکی از گروه‌های "A"، "B" و یا "C" قرار گیرد. این رابطه موجب وابستگی این روش طبقه‌بندی به این دو کروموزوم می‌شود به طوری که با تغییر اندازه یکی از این کروموزوم‌ها، گروه و در نتیجه کلاس کاریوتیپ می‌تواند تغییر کند. لذا همان گونه که ذکر شد و نتایج آماری نیز آن را تأیید می‌کنند، پارامترهایی که از کلیه کروموزوم‌ها استخراج می‌شوند نسبت به پارامترهایی که از تعداد اندکی از آن‌ها استخراج می‌شوند وضعیت تقارن کاریوتیپ را بهتر بیان می‌کنند. به هر حال، همان گونه که اشاره شد، مطالعات کاریوتیپی در ارقام نیشکر مشکل است و داده‌های تجزیه کاریوتیپی در این ارقام بسیار محدود است، لذا اطلاعات به دست آمده از این تحقیق می‌تواند در درک سیتوژنتیکی بهتر در بررسی نتاج تلاقی‌های بین ارقام مورد استفاده قرار گیرد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از همکاری آقایان مهندس بنی‌عباسی، مهندس حمدی، مهندس پرویزی، و مهندس حمودی از مرکز تحقیقات نیشکر طرح توسعه نیشکر و صنایع جانبی و خانم مهندس عروجلو از پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی سپاسگزاری و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده **References**

داودی، د.، و احمدیان تهرانی، پ. ۱۳۷۳. تهیه نمونه‌های میتووزی مناسب به روش اسکواش تغییر یافته. چکیده مقالات سومین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.

Bremer, G. 1961. Problems in the breeding and cytology of sugar cane. II. Sugar cane breeding from a cytological view-point. Euphytica 10: 121-133.

Daniels, J., Roach, B. T. 1987. Taxonomy and evolution. pp. 7-84. In: Heinz, D. J. (ed.) Sugarcane Improvement Through Breeding. Vol. II Elsevier, Amsterdm, Netherlands.

D'Hont, A., Grivet, L., Feldmann, P., Rao, S., Berding, N., and Glaszmann, J. C. 1996. Characterisation of the double genome structure of modern sugarcane cultivars (*Saccharum* spp.) by molecular cytogenetics. Molecular and General Genetics 250: 405-413.

www.SID.ir

Archive of SID

D'Hont, A., Ison, D., Alix, K., Roux, C., and Glaszmann, J. C. 1998. Determination of basic chromosome numbers in the genus Saccharum by physical mapping of ribosomal RNA genes. Genome 41: 221-225.

Gill, B. S., and Miller, J. D. 1982. Chromosome mosaics in clones of sugarcane and *S. spontaneum* L. hybrids. Sugarcane Breeders News 44: 1-8.

Heinz, D. J., Mee, G. W. P., and Nickell, **L. G. 1969**. Chromosome numbers of some Saccharum species hybrids and their cell suspension cultures, American Journal of Botany, 56: 450-456.

Krishnamurthi, M., and Tlaskal, J. 1974. Fiji disease resistant *Saccharum officinarum* var Pindar subclones from tissue culture. Proceedings of International Society of Sugar Cane Technology 15: 130-137.

Lavania, U. C., and Srivastava, S. 1992. A simple parameter of dispersion index that serves as an adjunct to karyotype asymmetry**.** Journal of Bioscience 17: 179-182.

Levan, A., Fredga, K., and Sandberg, A. A. 1964. Nomenclature for centromic position on chromosomes. Heredites 52: 201-220.

Liu, M. C. 1984. Sugarcane. pp. 572-605. In: Sharp, W. R., Evans, D. A., Ammirato, P. V., and Yamada, Y. (eds.) Handbook of Plant Cell Culture. Vol. 2. Mcmillan Publishing, New York.

Manners, J., McIntyre, L., Casu, R., Cordeiro, G., Jackson, M., Aitken, K., Jackson, P., Bonnett, G., Lee, S., and Henry, R. 2004. Can genomics revolutionise genetics and breeding in sugarcane? Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, Brisbane, Australia, 26 Sep. – 1 Oct.

Nair, N. V. 1999. Production and cyto-morphological analysis of intergeneric hybrids of Sorghum × Saccharum. Euphytica 108: 187-191.

Nair, M. K. 1975. Cytogenetics of *Saccharum officinarum* L. and *S. spontaneum* L. IV. Chromosome number and meiosis in *S. officinarum* × *S. spontaneum* hybrids. Caryologia 28:1-14.

Price, S. 1960. Cytological studies in Saccharum and allied genera. VI. Chromosome numbers in *S. officinarum* and other noble sugar canes. Hawaii Plant Record 56: 183-194.

Price, S. 1963. Cytogenetics of modern sugarcane. Economic Botany 17: 97–106.

www.SID.ir

Archive of SID

Price, S. 1964. Cytological studies in Saccharum and allied genera. IX. Further F_1 hybrids from *Saccharum officinarum* (2n=80) × *S. spontaneum* (2n=96). Indian Journal of Sugar Research Development 8: 131-133.

Roach, B. T. 1969. Cytological studies in Saccharum. Chromosome transmission in interspecific and intergeneric crosses. Proceedings of International Sugar Cane Technology 13: 901-920.

Sreenivasan, T. V., Ahloowalia, B. S., and Heinz, D. J. 1987. Cytogenetics. pp. 211-253. In: Heinz, D. J. (ed.) Improvement Through Breeding. Elsevier, Amsterdam, Netherlands.

Stebbins, G. L. 1971. Chromosomal Evaluation in Higher Plants. London: Edward Arnold Publisher Ltd. 216 pp.

آدرس نگارندگان:

داریوش داودی و یوسف موسی آفایف- مؤسسه تحقیقات بیوتکنولوژی کشاورزی، صندوق پستی ۱۸۹۷-۳۱۵۸۵, کرج.

پریچهره احمدیان تهرانی، منصور امیدی و محمدرضا بی همتا- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، کرج.

www.SID.ir