

بررسی کاربولوژیک پنج رقم هیبرید نیشکر (*Saccharum officinarum* L.)  
Karyological Evaluation of Five Hybrid Cultivars of Sugarcane  
(*Saccharum officinarum* L.)

داریوش داودی، پریچهره احمدیان تهرانی، منصور امید، یوسف موسی آقاییف

و محمدرضا بی همتا

دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران و پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۵/۱۲/۱۶

چکیده

داودی، د.، احمدیان تهرانی، پ.، امید، م.، موسی آقاییف، ی.، و بی همتا، م. ر. ۱۳۸۶. بررسی کاربولوژیک پنج رقم هیبرید نیشکر (*Saccharum officinarum* L.). نهاد و بدر ۲۳: ۶۳۱-۶۱۵.

جنس ساکاروم (*Saccharum*) دارای سطح پلی بلویدی بالا و آنیوپلویدی فراوان است. این مطالعه برای تهیه اطلاعات سیتولوژیکی در مورد ارقام هیبریدی که در ایران کشت می شوند انجام شد. نوک ریشه های هر رقم ابتدا با محلول آلفا-برومونفتالن اشباع به مدت هشت ساعت در دمای ۴ درجه سانتی گراد پیش تیمار شدند، سپس در محلول فیکساتیو ۱:۱ از اسید کرومیک ۱٪: فرمالدئید ۱۰٪ به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند و جهت هیدرولیز از محلول هیدراکسید سدیم یک نرمال در ۶۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۵ دقیقه استفاده شد. رنگ آمیزی ریشه ها با محلول همتوکسیلین در ۳۰ درجه سانتی گراد به مدت یک شب انجام شد. بعد از تیمار آنزیمی، هر نوک ریشه در قطره ای اسید استیک ۴۵٪ اسکواش گردید. تجزیه کاربوتیپ نشان داد که اندازه کروموزوم از ۵/۵۷۱ تا ۵/۰۷۶ میکرون متغیر است و کروموزوم های نوع m غالبیت کامل دارند، به طوری که بیش از ۵۰ کروموزوم در مجموعه هاپلوئید هر رقم از این نوع بودند. آزمون های معنی دار چند متغیره نشان داد که تفاوت این ارقام از نظر مجموعه متغیرهای کاربوتیپی، به استثناء درصد شکل کلی، معنی دار است که به نوبه خود نشان دهنده تفاوت معنی دار در اندازه بازوهای کروموزومها است. کاربوتیپ این ارقام براساس درصد شکل کلی و موقعیت سانترومری بیش از ۹۰٪ از جفت کروموزومها، مشابه بود. این نتایج نشان می دهند که ظاهراً در تکامل کاربوتیپی گونه *S. officinarum* عمدتاً تعداد کروموزوم و سطح پلویدی، نسبت به تغییرات کروموزومی و نامتقارنی کاربوتیپ، دخالت داشته اند.

واژه های کلیدی: نیشکر، *Saccharum officinarum*، ارقام، تجزیه کاربوتیپ.

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

## مقدمه

ساکاروم، تجزیه فیلوژنتیکی آن را مشکل تر کرده است. اکثر سیتولوژیست‌هایی که با نیشکر سروکار 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 ( $2n = 122, 114, 114, \text{ and } 112$ ) اما در یکی از آن‌ها متغیر 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 تریپلوئید ( $2n + n = 100-130$ ) 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 کاربوتیبی در ارقام نیشکر مشکل است علی‌الخصوص که علاوه بر پلی‌پلوئیدی و تنوع در تعداد کروموزوم، نحوه

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 بر تلاقی 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 و خصوصیات مورفولوژیکی آن‌ها نیز به خوبی مورد مطالعه قرار گرفته است (Price, 1960؛ Bremer, 1961؛ Nair, 1969؛ 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 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-آنیوپلوئیدی با تعداد کروموزوم بیش از صد هستند (Manners *et al.*, 2004). طبیعت پلی‌پلوئیدی و تنوع زیاد تعداد کروموزوم در جنس

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:

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 پیش‌تیمار آلفا-برومونفتالن اشباع قرار داده شده و به مدت هشت ساعت در یخچال نگهداری شدند. پس از شستشو با آب جاری، ریشه‌های پیش‌تیمار شده با آب مقطر شسته شده و به مدت ۴۸ ساعت در محلول فیکساتیو ۱:۱ از اسید کرومیک ۱٪:فرمالدئید ۱۰٪ در یخچال قرار داده شدند. جهت اطمینان از حذف بقایای

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.

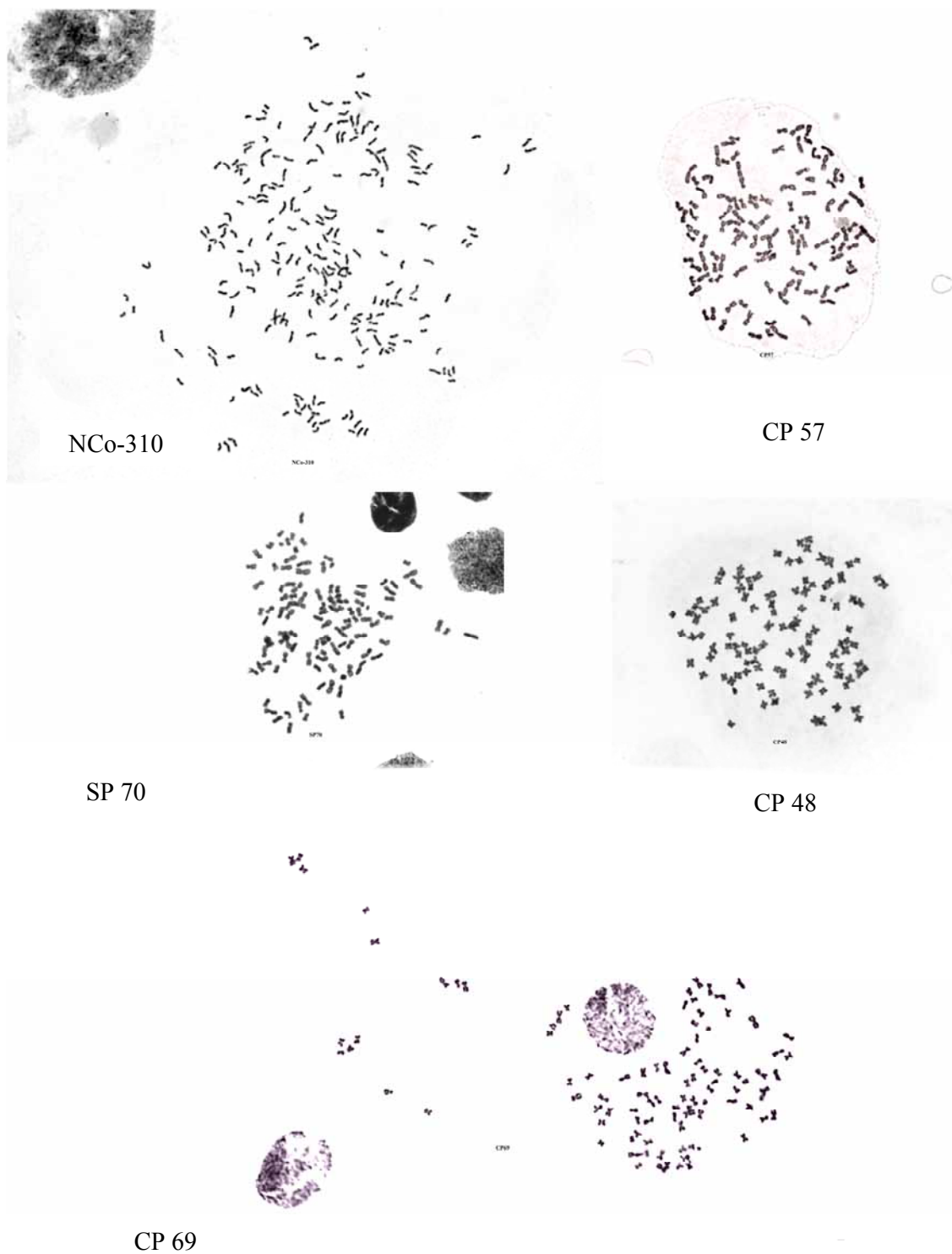
### نتایج و بحث

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 (Price, 1963؛ Heinz *et al.*, 1969؛ Krishnamurthi and Tlaskal, 1974؛ Gill and Miller, 1982؛ Liu, 1984). تجزیه کاریوتیپ ارقام (جدول‌های ۱ تا ۵) نشان داد که طول کل کروموزوم‌های مجموعه هاپلوئید از

نسبت بازوها (AR(Arm Ratio)  
 طول بازوی 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)  
 باروش 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)  
 بر اساس پیشنهاد استینز (Stebbins, 1991)

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 پلوپیدی 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

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 هاپلوئید هر 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 هاپلوئید در ایدیوگرام از بزرگ به کوچک مرتب و شماره‌گذاری شده‌اند. بر اساس 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



شکل ۱- نمونه‌ای از سلول‌های 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

جدول ۱- میانگین و انحراف معیار اندازه‌های کروموزومی و خصوصیات کاربوتیپی 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)   | Satellite | 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 Variation; 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

جدول ۲- میانگین و انحراف معیار اندازه‌های کروموزومی و خصوصیات کاربوتیبی 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)   | Satellite | 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



جدول ۳- میانگین و انحراف معیار اندازه‌های کروموزومی و خصوصیات کاربیلوژی 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)   | Satellite | 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 = IC

AR = Arm Ratio; CV = Coefficient of Variation; 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

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)   | Satellite | 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 | 1.070 | 0.421 | m    |
| 57     | 0.797 ± (0.155) | 0.577 ± (0.059) | —         | 1.374 ± (0.214)  | 1.381 | 0.939 | 0.394 | 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 Variation; 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

جدول ۵- میانگین وانحراف معیار اندازه‌های کروموزومی و خصوصیات کاربیلوژی نیشکر، رقم NCo-310  
 Table 5. Mean and standard deviation of chromosomal lengths and karyotype features of sugarcane cultivar NCo-310

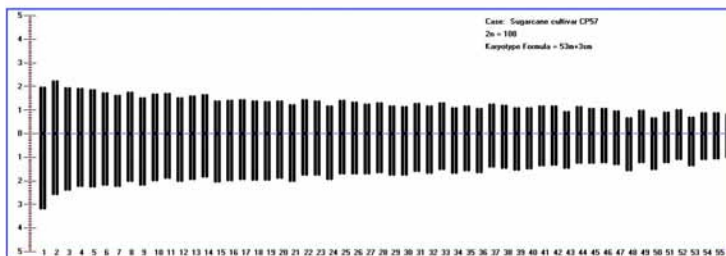
| No.    | Long arm (μ)    | Short arm (μ)   | Satellite | Total length (μ) | AR    | RL%   | F%    | Type |
|--------|-----------------|-----------------|-----------|------------------|-------|-------|-------|------|
| 1      | 1.902 ± (0.009) | 1.788 ± (0.077) | —         | 3.691 ± (0.087)  | 1.064 | 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) | —         | 2.999 ± (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

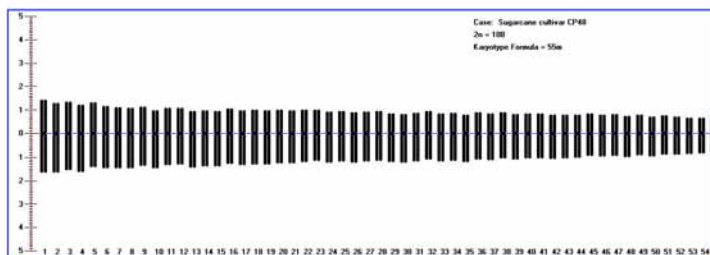
Haploid set length = 145.017 ± (5.81) μ Karyotype Formula = 57m + 2 sm Class of the karyotype = 1B

AR = Arm Ratio; CV = Coefficient of Variation; 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

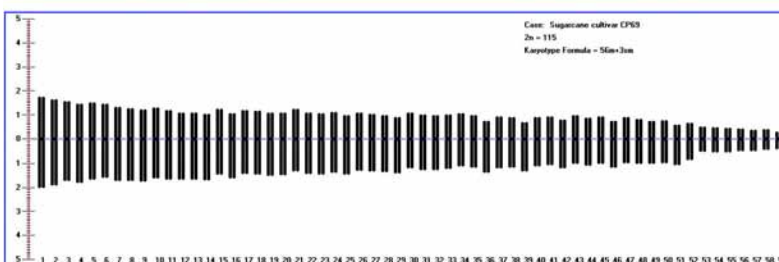
CP57



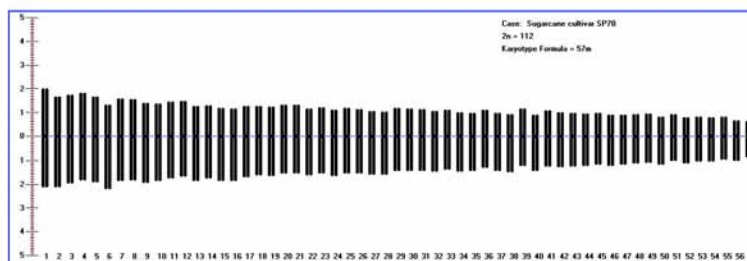
CP48



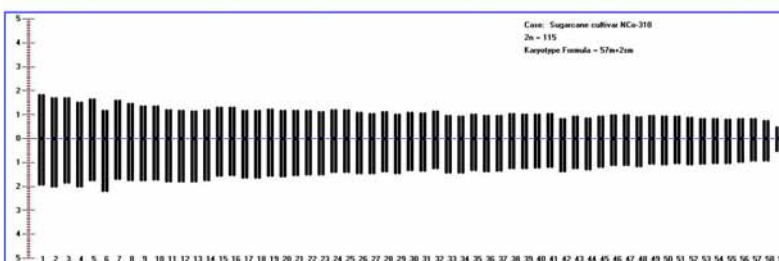
CP69



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

جدول ۶- خصوصیات کلی کارپوتیپ 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        |
| <b>NCo-310</b> | <b>111-117</b> | <b>145.01 ± 5.81</b> | <b>25.38</b> | <b>1.958</b> | <b>22.290</b> | <b>1.899</b> | <b>43.576</b> | <b>57m+2sm</b> | <b>1B</b> |

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<br>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 هاپلوئید | 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- آزمون های معنی دار چندمتغیره بین ارقام از حیث مجموعه متغیرهای کارپوتیپی: درصد شکل

کلی، شاخص تقارن، ضریب تنوع، تفاوت محدوده طول نسبی، شاخص پراکندگی و طول کروماتین

مجموعه هاپلوئید

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<br>df. | خطا<br>df. | سطح معنی دار<br>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.

بوده که هرچه به سمت صفر میل کند نشان

دهنده تفاوت معنی دار بین میانگین ها است. با

به شدت معنی دار است (جدول ۸). آماره

Wilks' Lambda معمول ترین آماره در جدول

قبلاً گزارش شده است (Price, 1960)؛ 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 تحت الشعاع 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

تجزیه واریانس یک طرفه (جدول ۹) مشخص شد که از نظر شاخص تقارن، ضریب تنوع، تفاوت محدوده طول نسبی، شاخص پراکنندگی و طول کل کروماتین مجموعه هاپلوئید بین ارقام تفاوت معنی‌دار وجود دارد اما از نظر در صد شکل کلی که به نوعی نشان‌دهنده تقارن کاریوتیپ است تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. همان‌گونه 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*

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 هاپلوئید | 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.

اشاره شد، مطالعات کاربیلوژی در ارقام نیشکر مشکل است و داده‌های تجزیه کاربیلوژی در این ارقام بسیار محدود است، لذا اطلاعات به دست آمده از این تحقیق می‌تواند در درک سیتوژنتیکی بهتر در بررسی نتایج 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.

لحاظ درصد شکل کلی متفاوت نیستند. در طبقه‌بندی Stebbins، نسبت طول بزرگ‌ترین کروموزوم به کوچک‌ترین کروموزوم تعیین می‌کند که کلاس کاربیلوژی 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 کاربیلوژی 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 کاربیلوژی را بهتر بیان می‌کنند. به هر حال، همان گونه که

#### References

#### منابع مورد استفاده

داودی، د.، و احمدیان تهرانی، پ. ۱۳۷۳. تهیه نمونه‌های میتوزی 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, Amsterdam, 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.

- 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 centromeric position on chromosomes. *Heredities* 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.



- Price, S. 1964.** Cytological studies in Saccharum and allied genera. IX. Further F<sub>1</sub> 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 آقاییف - 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.