ارزیابی عملکرد ماشین‌های کاشت پنبه

عباس همت[۱] و اردشیر اسدی خشویی[۲]

چکیده

به منظور گسترش کشت مکانیزه پنبه در مناطق با آب آبیاری شور و خاک‌های حساس به سله در استان اصفهان، ارزیابی عملکرد ماشین‌های کاشت با، یا بدون سله‌شکن در روش کشت مسطح ضروری است. از این رو، آزمایشی برای مقایسه فراسنجه‌های عملکردی چند نوع ماشین کاشت پنبه در یک خاک با بافت لوم رسی، در ایستگاه تحقیقاتی کبوترآباد مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان انجام شد. چهار تیمار ماشین‌های کاشت با استفاده از ردیف‌کارهای بذرسازان در دو وضعیت، و جاندیر و خطی‌کار دانمارکی با سه روش سله‌شکنی، به ترتیب سله‌شکنی با سله‌شکن ستاره‌های غلتان و استوانه‌ای دندانه‌دار و بدون سله‌شکنی، با به کارگیری آزمایش فاکتوریل در چارچوب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار ارزیابی شدند. عملکرد ماشین‌های کاشت با اندازه‌گیری تعداد و فاصله میان بوته‌ها در هر تیمار، و تعیین میانگین و انحراف معیار فاصله‌های میان بوته‌های سبز شده، و تعیین شاخص‌های کاشت چندتایی، نقاط بدون بوته، کیفیت تغذیه موزع، دقت و کپه‌کاری، ارزیابی گردیدند.

اگرچه در این آزمایش، به جای اندازه‌گیری فاصله میان بذرهای کاشته شده، فاصله میان بوته‌های سبز شده اندازه‌گیری شد، ولی معیارهای استفاده شده در این پژوهش ویژگی‌های ماشین‌های کاشت را به خوبی نشان داد. میانگین و انحراف معیار فاصله‌های میان بوته‌ای، به تنهایی تفاوت میان عملکرد ماشین‌های کاشت را در تمام روش‌های سله‌شکنی به خوبی نشان نداد. شاخص کپه‌کاری پیشنهادی بهتر از شاخص کاشت چندتایی، مشخصه کپه‌ریزی را در بذرکارها، جدا از روش سله‌شکنی مشخص نمود. در حالت بدون سله‌شکنی، تمایل به کپه‌ریزی در ردیف‌کار بذرسازان، سبب کاهش میانگین و انحراف معیار فاصله‌های میان بوته‌ای گردید. سله‌شکنی موجب کاهش فاصله‌های میان بوته‌ای در کلیه ماشین‌های کاشت، به ویژه در خطی‌کار که تمایل به کپه‌ریزی در آن بسیار ناچیز بود، شد. بر پایهٔ نتایج حاصله، در ردیف‌کارهای بذرسازان و جاندیر، نوع موزع حجمی، و نه تک‌دانه‌کار بود.

واژه‌های کلیدی: *پنبه، ردیف‌کار، خطی‌کار، فاصله بین بوته‌ای، سله‌شکنی*

---

۱. دانشیار ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲. پژوهنده ماشین‌های کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.2.16.5]

مقدمه

وظایف بذرکار شامل ایجاد شیار، اندازه‌گیری بذر، تحویل بذر به داخل شیار ایجاد شده در خاک، پوشاندن بذر با خاک و فشرده کردن خاک اطراف بذر است. تک‌دانه‌کارها به عنوان ردیف‌کار یا ماشین‌های دقیق‌کاری تعریف می‌شوند، که مجهز به موزع‌هایی هستند که دانه‌ها را تک‌تک از مخزن بذر انتخاب می‌کنند (۱۲). فاصله یک‌نواخت میان بذرهای کاشته شده می‌تواند عامل مهمی برای کارنده‌ها به حساب آید، زیرا عملیات تنک کردن و واکاری را، که هزینه زیادی نیز دارد، حذف می‌کند.

عوامل چندی بر فاصله میان بوته‌ای اثر می‌گذارد. موزع ممکن است موفق به انتخاب بذر و یا آزاد کردن بذر به داخل لوله سقوط نشود، که خود منجر به فاصله زیاد میان بذرها می‌گردد. موزع ممکن است چند بذر را انتخاب و در لوله سقوط رها سازد، که منجر به فاصله کم میان بذرها می‌شود. طرح لوله سقوط و شرایط خاک همراه با دیگر عوامل، فاصله نهایی میان بذرها را مشخص می‌کند. سرانجام، بذر ممکن است سبز نشود، که منجر به فضای خالی میان بوته‌ها می‌گردد (۱۳). غیر یک‌نواختی فاصله میان بذرهای کاشته شده عموماً به روش تحویل بذر به داخل شیار و سرعت پیش‌روی بستگی دارد (٦).

آزمایش‌های ارزیابی عملکرد بذرکارها شامل اندازه‌گیری فاصله میان بذرها روی تسمه نقاله آغشته به گریس (Greased belt)، فاصله میان بذرها در شیار (۱۸)، و اندازه‌گیری فاصله میان بوته‌ها در مزرعه می‌باشد (۱۳). پانیگ و همکاران (۱٤) گزارش نمودند که آزمون آزمایشگاهی با سیستم‌های حس‌کننده نوری–الکترونیکی (Opto-electronic sensor) (یا تسمه آغشته به گریس)، اثر پرش‌های ردیف‌کار، یا حرکت دانه در اثر پرش، یا غلت آن در شیار و در حین پوشانده شدن با خاک را روی فاصله میان بوته‌ای نشان نمی‌دهد. ضمناً اثر عامل‌های گیاهی، مانند درصد سبز شده‌ها و گیاهان خودرو بر فاصله میان بوته‌ای در روش آزمون آزمایشگاهی منظور نمی‌شود. بنابراین، آزمون‌های آزمایشگاهی به تنهایی نمی‌توانند برای پیش‌بینی یک‌نواختی فاصله میان بوته‌ای در مزرعه استفاده شوند. تحت شرایط مزرعه، اندازه‌گیری فاصله میان بذرهای کاشته شده بسیار مشکل بوده، و نیاز به زمان بسیاری برای کنار زدن خاک به طور دقیق از روی بذرهای موجود در شیار دارد، بدون این که بذرها در حین کنار زدن خاک به طور تصادفی جا به جا شوند.

یک روش جای‌گزین اندازه‌گیری فاصله‌های میان بوته‌ها پس از سبز شدن می‌باشد (۱۳). هنگامی که فاصله‌های میان بوته‌ها پس از سبز شدن در مزرعه بررسی می‌گردد، تغییرات زیادی در فاصله میان بوته‌های سبز شده وجود دارد. مقدار زیادی از تغییرات در فاصله میان بوته‌ای را می‌توان با ارزیابی بذرکارها تحت شرایط آزمایشگاهی جدا نمود (۱٤). ولی به هر حال، آزمایش‌های مزرعه‌ای برای ارزیابی دقیق آنها به منظور دست‌یابی به عملکرد بذرکارها تحت شرایط مزرعه نیز لازم است. موضوع مهم آن است که بتوان تغییرپذیری مشاهده شده در فاصله‌های میان بوته‌ای در مزرعه را به صورت کمی بیان نمود، تا مقایسه معنی‌دار بذرکارها امکان‌پذیر گردد.

یک روش برای بررسی تغییرپذیری در فاصله میان بوته‌ای، استفاده از نمودار ستونی است (٤). اگرچه با مطالعه این نمودارهای ستونی می‌توان تفاوت‌ها را بیان نمود، ولی لازم است که این تفاوت‌ها به صورت کمّی بیان گردد. چند معیار برای کمّی کردن تفاوت‌ها پیشنهاد شده است. این معیارها شامل میانگین و انحراف معیار فاصله‌های میان بوته‌ای (۱۰ و ۱۵)، درصد کاشت چندتایی و نقاط بدون بوته (٤)، میانگین و انحراف معیار فاصله‌های میان بوته‌ای است که در گستره معینی قرار دارند (٤). بنابراین، با توجه به چنین تنوعی در معیارهای بالقوه، انتخاب مجموعه‌ای از معیارها حایز اهمیت است که به خوبی در کمّی کردن عملکرد بذرکارها با توجه به فاصله میان بوته‌ای ایفای نقش می‌کنند (۱۳).

برای بیان کامل توزیع فاصله میان بوته‌ای، ضروری است که بیش از یک معیار تعریف شود (۱٦). بنابراین، این احتمال وجود ندارد که یک اندازه‌گیری به تنهایی، مقیاسی برای مقایسه

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.2.16.5]

بذرکارها تـأمین نمـاید. ولـی، اخـیراً کـاچمـن و اسـمیت (۱۳) معیارهایی را برای مقایسـه کارنده‌هـایی کـه مـوزع تک‌دانـه‌کار دارنـد پیشـنهاد نموده‌انـد کـه از آنـها بـرای مقایسـه عملکـرد ماشین‌های کاشت می‌توان استفاده نمود.

هدف از این پژوهش، ارزیابی عملکرد چند ماشـین کاشـت در کشت مسطح پنبه با استفاده از معیارهای ارزیابی دقت فاصله میان بوته‌های سبز شده است کـه بـرای بذرکـار پیشـنهاد شـده است.

مواد و روش‌ها

آزمایش در ایستگاه تحقیقاتی کبوترآباد اصفهان انجام شـد. ایـن مزرعه در ٤٠ کیلومتری جنوب شرقی اصفـهان و در فاصلـه ۱۲ کیلومتری جنوب رودخانـه زاینـده‌رود قـرار دارد. خـاک محـل آزمایش دارای بافت لوم رسی با جرم مخصوص ظـاهری ۱/٤۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب، pH حدود ۸، مقدار مواد آلی کمـتر از یک درصد (۱)، و بـا ظرفیـت مزرعـه (Field capacity)، حـد خمیری (Plastic limit) و حد روانی (Liquid limit) به ترتیـب ۱۸٪، ۱۸/۸٪ و ۲۹/۳٪ وزنی می‌باشد.

آزمایش با استفاده از طرح فـاکتوریل در چـارچـوب طـرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شـد. از ماشـین‌های کاشت در چهار سـطح و روش‌هـای سله‌شـکنی در سـه سـطح استفاده گردید. ماشین‌های کاشت به عنوان فـاکتور اول تشـکیل شده بود از: الف) ردیف‌کار بذرسازان با شـیار بـازکن کفشـکی (Runner opener) و چرخ فشار (Press wheel) لاستیکی صاف توپر (P_1)، ب) ردیف‌کار بذرسازان بـا چـرخ فشـار انتقـال داده شده به کنار خطوط کاشت (P_2)، ج) ردیف‌کار جاندیر (۱۲) بـا شیار بازکن کفشکی و چرخ فشار فلزی دو قسمتی میـان خـالی (P_3)، و د) خطی‌کار دانمارکی با شیار بازکن تک‌بشقابی و بـدون پوشاننده بذر (P_4). انتخاب ردیف‌کارها بر اساس داشـتن مـوزع مناسب برای کاشـت پنبـه و داشـتن چـرخ فشـار بـرای ایجـاد فشـردگی بـا سـطوح مختلـف رو یـا اطـراف بـذر بـود. روش سله‌شکنی به عنوان فاکتور دوم تشکیل شده بود از: الف) بـدون سله‌شکنی (C_0)، ب) سله‌شکن استوانه‌ای دندانـه‌دار (C_1) (۳)، و ج) سله‌شکن ستاره‌ای غلتان (کولتیواتور دوار) (C_2). مشخصات فنی ماشین‌های کاشـت و سله‌شـکن‌ها در جـدول ۱ نشـان داده شده است.

کاشت به صورت مسطح در کف کـرت، و عمـق کاشـت و فاصله خطوط کاشت به ترتیب ٤ و ۸۰ سـانتی‌متر بـود. در هـر کرت ٤ ردیف به طول ۲۰ متر کاشته شد. ابعاد هر کـرت ۲۰×۳ متر و فاصله میان تکرارها ٦ متر بود. آبیاری به صـورت نـواری انجام شد. کاشت و نخستین آبیاری به ترتیب در تاریخ‌هـای ۱۸ اردیبهشت و اول خرداد صورت گرفت. رقم مورد آزمایش پنبـه ورامیـن بـود، و در ردیف‌کـار بذرسـازان از بذرهـای کـرک‌دار استفاده شد. ولی در ردیف‌کار جاندیر، پیش از کاشت، بذرها بـا مقداری خاک نرم مالش داده شد تا از بـه هـم چسـبیدن بذرهـا جلوگیری گردد. آزمایش‌های اولیه روی خطی‌کار نشـان داد کـه همزن آن نمی‌تواند بذرهای کرک‌دار را به سـوی موزع‌هـا روان سازد. بنابراین، در این ماشین از بذرهای کـرک‌گیـری شـده بـه روش شیمیایی استفاده گردید. وزن هزار دانه بذرهـای کـرک‌دار و بدون کرک به ترتیب ۱۳۰ و ۱۰۰ گرم، و قوه نامیـه بذرهـا در دو حالت به ترتیب ۷۵ و ۸۰ درصد بود.

عملیات تهیه بستر بذر شامل خاک‌ورزی اولیـه بـا گاوآهـن قلمی، خاک‌ورزی ثانویه توسط هرس بشقابی، تسطیح به وسـیله لولر، مرزکشی با مرزکش بشقابی و نهرکنی بود.

به منظور دقت بیشتر در تنظیم ماشین‌های کاشـت، مسـافت پیموده شده در مزرعه بـرای ۱۰ دور چـرخ محـرک ماشـین در حین بذرکاری در سه تکرار اندازه‌گیری شـد. میـانگین مسـافت پیموده شده ماشین‌های P_1، P_2، P_3 و P_4 به ترتیـب ۱۳/٦، ۱۳/٦، ۱۹/۳ و ۲۵ مـتر بـود. پـس از مشـخص شـدن مقـدار مسـافت پیش‌روی به ازای ۱۰ دور چرخ محرک هر واحد کارنده (Unit planter) ردیف‌کارها یا چرخ انتهایی خطی‌کـار، در کـارگاه بـه همین تعداد دور با دست چرخانده شد، و بـا توجـه بـه فاصلـه میان ردیفی ۸۰ سانتی‌متر برای میزان ٤۰ کیلوگرم در هکتار، و با استفاده از رابطه ۱، ماشین‌های کاشت در سـه تکـرار تنظیـم

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.2.16.5]

جدول ۱. ویژگی‌های فنی ماشین‌های کاشت و سله‌شکن‌ها

نوع ماشین	ویژگی
ردیف‌کار جاندیر	سوار، دارای چهار واحد کارنده، موزع از نوع چرخ گیرنده[1] بذر که به صورت عمودی در لبه کف مخزن بذر و در بالای لوله سقوط قرار دارد. بذر توسط همزن کف مخزن به داخل دندانه‌های این چرخ وارد می‌شود، و در اثر دوران آن به سمت پایین برده، و در داخل لوله سقوط رها می‌شود. میزان ریزش بذر توسط دریچه کشویی، که در کنار لوله سقوط و موزع قرار دارد، مهار می‌شود. شیار بازکن از نوع کفشکی، و پوشاننده بذر از نوع چرخ فشار دهنده فلزی دو قسمتی میان خالی است.
ردیف‌کار بذرسازان	سوار، دارای چهار واحد کارنده، موزع شبیه موزع جاندیر، ولی پهنای چرخ گیرنده بذر آن بیشتر است. شیار بازکن از نوع کفشکی، و پوشاننده بذر از نوع چرخ فشار دهنده لاستیکی توپر به عرض ۱۳۰ میلی‌متر است.
خطی‌کار غلات[2]	سوار، ۲۱ ردیفه، فاصله میان خط‌های کاشت ۱۱/۹ سانتی‌متر، نوع موزع استوانه شیاردار، و شیار بازکن از نوع تک بشقابی است. در این آزمایش از پوشاننده بذر استفاده نشد.
کولتیواتور دوار[3]	سوار، دارای چهار گروه چرخ ستاره‌ای، با شمار چرخ‌های ستاره‌ای در هر گروه دو عدد. در امتداد هر خط کاشت، یک چرخ ستاره‌ای در جلو و یک چرخ ستاره‌ای در عقب قرار داده شد. جا به جایی مراکز این دو چرخ سه سانتی‌متر، و عرض مؤثر دو چرخ هر گروه مجموعاً ١٤ سانتی‌متر بود. چرخ‌ها به صورت عمودی روی قاب قرار گرفتند. دندانه‌های چرخ‌ها طوری قرار داده شدند که هنگام چرخش از پشت با زمین برخورد کنند.
سله‌شکن استوانه‌ای دندانه‌دار[4]	دستی، با دو استوانه دندانه‌دار که به طور سری روی قاب سوار شده‌اند. قطر و طول هر استوانه فلزی به ترتیب ۱۸ و ۱۵ سانتی‌متر بود. میخ‌های فلزی به طول ۲/۵ سانتی‌متر به صورت شعاعی روی محیط استوانه جوشکاری شد. برای افزایش وزن ماشین، جای وزنه در قسمت جلو و عقب قاب ایجاد گردید (۳).

1. Picker wheel
2. Nordsten model CLGHI250
3. Rotary hoe
4. Rolling-type soil crust breaking

گردیدند:

$$W = \frac{10000 \times w}{b \times l} \qquad [1]$$

در این رابطه، W میزان ریزش بذر بر حسب کیلوگرم در هکتار، w مقدار بذر جمع‌آوری شده به ازای ۱۰ دور گردش چرخ محرک یک واحد کارنده ردیف‌کار یا از کل ماشین خطی‌کار بر حسب کیلوگرم، b عرض یک واحد کارنده ردیف‌کار یا عرض‌کار خطی‌کار بر حسب متر و l مسافت پیموده شده به ازای ۱۰ دور گردش چرخ محرک در مزرعه بر حسب متر است.

فاصله میان بوته‌های سبز شده پس از حذف پنج متر اول و آخر ردیف‌های کاشت، از دو خط وسط هر کرت و در طول دو ده متر اندازه‌گیری شد، و عوامل زیر محاسبه و تعیین گردید (۱۱ و ۱۳).

میانگین و انحراف معیار فاصله‌های میان بوته‌ای

از رابطه‌های ۲ و ۳ به ترتیب برای محاسبه میانگین ($\bar{X}$)، و انحراف معیار (S) فاصله‌های میان بوته‌ای استفاده شد:

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.2.16.5]

$$\overline{X} = \sum_{i=1}^{n} \frac{x_i}{n} \quad [۲]$$

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{(x_i - \overline{X})^2}{n-1}} \quad [۳]$$

که در آنها x_i فاصله بوته i ام از بوته بعدی در روی خط کاشت، و n تعداد کل فاصله‌های میان بوته‌ای اندازه‌گیری شده است.

معیارهای عملکردی ماشین‌های کاشت بر پایه فاصله نظری کاشت

فاصله میان بوته‌ای نظری (X_{ref}) چهار سانتی‌متر بود. فاصله‌های میان بوته‌ای اندازه‌گیری شده در مزرعه به گستره‌های مختلف تقسیم شد. این گستره‌ها شامل [۰، ۰/۵X_{ref}]، [۰/۵X_{ref}، ۱/۵X_{ref}]، [۱/۵X_{ref}، ۲/۵X_{ref}]، [۲/۵X_{ref}، ۳/۵X_{ref}] و [۳/۵X_{ref}، ∞] بودند. بنابراین، فاصله‌های میان بوته‌ای به گستره‌های [۲ و ۰] سانتی‌متر (گستره A)، [٦ و ۲] سانتی‌متر (گستره B)، [۱۰ و ٦] سانتی‌متر (گستره C)، [۱٤ و ۱۰] سانتی‌متر (گستره D) و [∞ و ۱٤] سانتی‌متر (گستره E) تقسیم شدند. با استفاده از این گستره‌ها، شاخص‌های چندتایی کاشت (Multiples index)، نقاط بدون بوته (Miss index)، کیفیت تغذیه موزع (Quality of feed index) و دقت (Precision) برای کلیه تکرارها محاسبه گردید.

شاخص کاشت چندتایی

این شاخص درصدی از فاصله‌های میان بوته‌ای است، که فاصله‌های کمتر یا مساوی ۲/۵ سانتی‌متر را شامل می‌شود، یعنی:

$$K = \frac{n_1}{n} \quad [٤]$$

که در آن n_1 ، شمار فاصله‌های میان بوته‌ای کمتر یا مساوی ۲/۵ سانتی‌متر است.

شاخص نقاط بدون بوته

شاخص نقاط بدون بوته (شاخص نکاشت و سبز نشدن) گویای درصد فاصله‌های میان بوته‌ای است که در آن، فاصله میان بوته‌ها از ٦ سانتی‌متر بیشتر باشد، یعنی:

$$m = \frac{n_3 + n_4 + n_5}{n} \quad [۵]$$

که در آن n_3، n_4 و n_5 به ترتیب شمار فاصله‌های میان بوته‌ای در گستره‌های C، D و E هستند.

شاخص کیفیت تغذیه موزع

این شاخص بیان کننده درصد فاصله‌های میان بوته‌ای بیشتر از نصف و کمتر از ۱/۵ برابر فاصله نظری است.

$$F = \frac{n_2}{n} \quad [٦]$$

که در آن n_2 شمار فاصله‌های میان بوته‌ای در گستره B است.

دقت

بیان کننده ضریب تغییرات فاصله‌های میان بوته‌ای است، که می‌توان این فاصله‌ها را به عنوان تک‌دانه‌کاری در نظر گرفت، یعنی:

$$P = \frac{S_2}{X_{ref}} \quad [۷]$$

که در آن S_2 انحراف معیار فاصله‌های میان بوته‌ای در گستره B می‌باشد.

شاخص کپه‌کاری (Hill-dropping index) (رویش کپه‌ای)

این شاخص بیان کننده بوته‌های سبز شده به صورت کپه‌ای می‌باشد. ادواردز (به نقل از ۱۷) گزارش نمود که استقرار قابل قبول پنبه در خاک‌های رسی هوستون (Houston)، که حساس به سله بودند، با کاشت سه بذر به صورت کپه‌ای به دست آمد، ولی تک بوته‌ها نتوانستند نیروی رانش (Thrust) کافی را برای سر از خاک در آوردن اعمال نمایند. به همین منظور، در این پژوهش شاخص جدیدی پیشنهاد شد که در آن تعداد کپه‌های با حداقل سه بوته سبز شده در کنار هم، با فاصله یک سانتی‌متر یا کمتر شمارش شد، و بر تعداد کل فاصله‌های میان بوته‌ای تقسیم گردید.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.2.16.5]

تجزیه‌های آماری توسط نرم‌افزار SAS انجام گرفت. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن، و برای تعیین ارتباط میان معیارهای عملکردی ماشین‌های کاشت از ضرایب هم‌بستگی ساده استفاده گردید.

نتایج و بحث

نمودار توزیع فاصله‌های میان بوته‌ای

نمودار ستونی توزیع فاصله‌های میان بوته‌ای برای ماشین‌های کاشت، در سه حالت بدون سله‌شکنی (C_0) و سله‌شکنی با سله‌شکن‌های استوانه‌ای دندانه‌دار (C_1) و ستاره‌ای غلتان (کولتیواتور دوار) (C_2) در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. نتیجه‌گیری کلی که از بررسی نمودارهای ستونی به دست می‌آید، این است که در هر تیمار معمولاً دو نقطهٔ فراز (Peak) وجود دارد، یکی در گستره A (فاصله‌های کمتر یا مساوی دو سانتی‌متر) و دیگری در گستره E (فاصله‌های بیشتر از ۱٤ سانتی‌متر). در حالت بدون سله‌شکنی، بلندترین نقطه فراز برای ردیف‌کار P_1 در گستره A، و برای ردیف‌کار P_3 و خطی‌کار P_4 در گستره E دیده می‌شود. عملیات سله‌شکنی از بلندی نقطه فراز فاصله‌های میان بوته‌ای در گستره E کاسته و بر بلندی نقطه فراز فاصله‌های میان بوته‌ای در گستره A افزود. نتیجه‌ای که از این یافته‌ها به دست می‌آید این است که در ردیف‌کار بذرسازان (P_1 و P_2) و خطی‌کار (P_4) به ترتیب بیشترین و کمترین تمایل به کپه‌ریزی وجود داشته است. در ردیف‌کار جاندیر (P_3) تمایل به کپه‌ریزی کمتر از ردیف‌کار بذرسازان بود. این اختلاف در عملکرد ماشین‌های کاشت را احتمالاً می‌توان در اثر اختلاف در نوع موزع و نوع بذر استفاده شده در این بذرکارها دانست.

در ردیف‌کارها و خطی‌کار به ترتیب از بذرهای کرک‌دار و بدون کرک استفاده شد. پهنای چرخ بلندکن بذر از مخزن بذر به لوله سقوط در ردیف‌کار بذرسازان بیشتر از ردیف‌کار جاندیر بود. اگرچه در کف مخزن هر دو ردیف‌کار همزن وجود داشت، ولی پیش از کاشت، بذرهای مربوط به ردیف‌کار جاندیر (P_3) با خاک نرم مالش داده شد تا موجب روانی بهتر بذرها گردد. بنابراین، کرک‌دار بودن بذر، و در نتیجه تمایل به هم چسبیدن بذرها، و پهن‌تر بودن چرخ انتقال بذر در ردیف‌کار بذرسازان موجب انتقال بذر بیشتر به داخل شیار و تمایل به کپه‌ریزی در این بذرکار شد.

نتایج معیارهای عملکردی برای ماشین‌های کاشت در روش‌های مختلف سله‌شکنی، در جدول ۲ نشان داده شده است. در زیر تک‌تک معیارهای عملکردی ماشین‌های کاشت بررسی می‌شود.

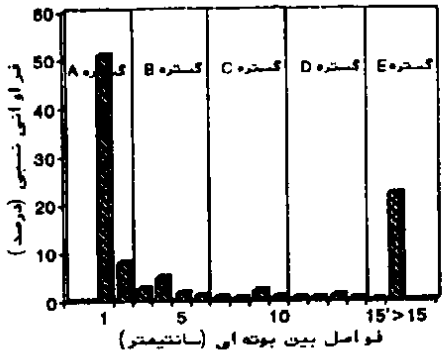
میانگین و انحراف معیار فاصله‌های میان بوته‌ای

هنگامی که میانگین و انحراف معیار تخمین زده شده با نمودار ستونی در شکل‌های ۱ و ۲ با هم مقایسه شوند، مشهود است که هر دو میانگین و انحراف معیار، به مقدار زیادی تحت تأثیر تعداد نقاط بدون بوته قرار گرفته‌اند. این موضوع، تفسیر عملی از این اطلاعات را مشکل می‌سازد. افزون بر این، نه میانگین و نه انحراف معیار، هیچ گونه تفاوتی میان عملکرد ردیف‌کارهای P_1 و P_3 در حالت سله‌شکنی با سله‌شکن استوانه‌ای دندانه‌دار را آشکار نساخت.

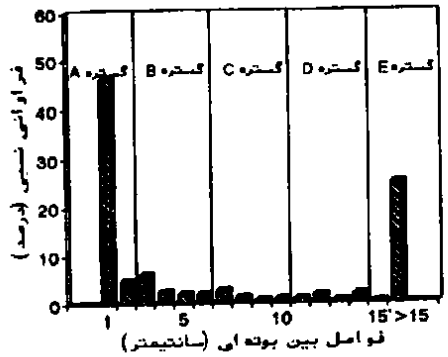
در حالت بدون سله‌شکنی، میانگین و انحراف معیار فاصله‌های میان بوته‌ای در ردیف‌کارهای P_1 و P_2 به ترتیب کمترین و بیشترین بود. کم بودن میانگین و انحراف معیار فاصله میان بوته‌ای در ردیف‌کار P_1، به علت بالا بودن شاخص کپه‌کاری در این ردیف‌کار بود. اگرچه، در ردیف‌کار P_2 نیز شاخص کپه‌کاری بالا بود، ولی میانگین و انحراف معیار فاصله میان بوته‌ای نیز در آن زیاد بود. زیرا: الف) چرخ فشار خارج از امتداد ردیف بود؛ ب) عمق کاشت زیاد بود، به طوری که عمق کاشت در تیمارهای P_1 و P_2 به ترتیب ۳/۲ و ۵/۲ سانتی‌متر بود (۹)؛ ج) تماس بذر با خاک کم بود، به گونه‌ای که میانگین مقاومت خاک (Penetrometer resistance) در امتداد ردیف کاشت در لایه ۰–۵ سانتی‌متری در تیمارهای P_1 و P_2 به ترتیب ۰/۵۲ و ۰/۲۸ مگاپاسکال بود (۹)؛ و د) در نتیجه بوته‌ها کمتر سبز شدند، به صورتی که میانگین درصد سبز در تیمارهای P_1 و

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-02-17]

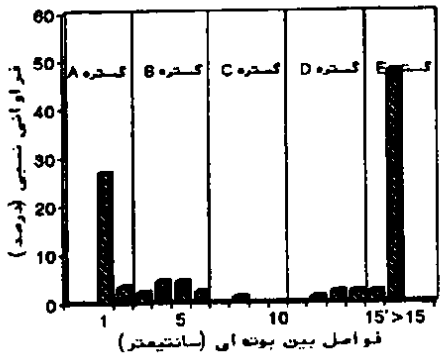
[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.2.16.5]



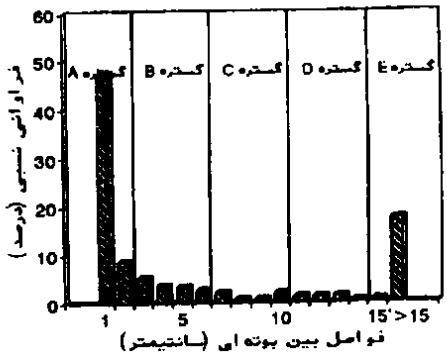
تیمار P_1C_1



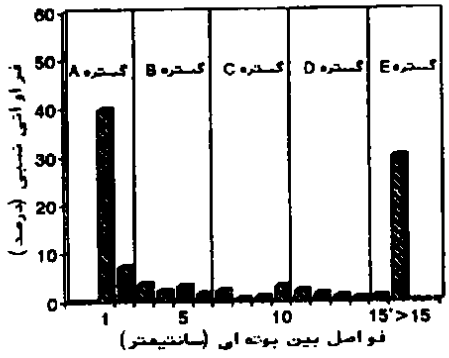
تیمار P_1C_0



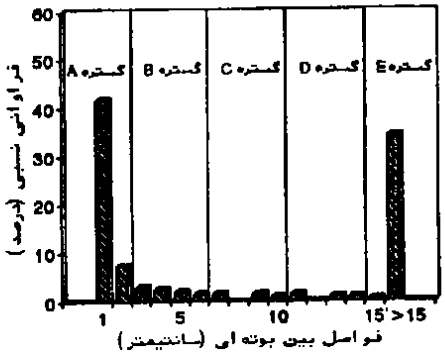
تیمار P_2C_0



تیمار P_1C_2



تیمار P_2C_2

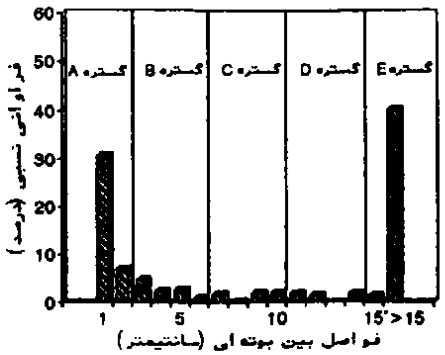


تیمار P_2C_1

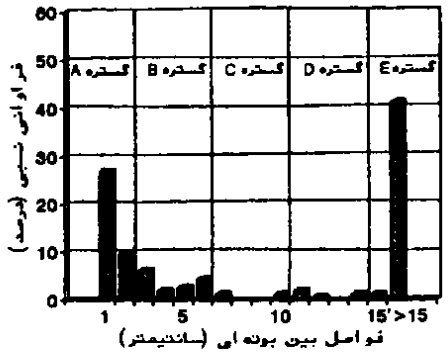
شکل ۱. پنج گستره فاصله‌های میان بوته‌ای استفاده شده برای تخمین شاخص کاشت چندتایی، شاخص نقاط بدون بوته، شاخص کیفیت تغذیه موزع و دقت برای ردیف‌کار بذرسازان (P_1، چرخ فشار در امتداد ردیف کاشت، و P_2، چرخ فشار در خارج از امتداد ردیف کاشت) در سه حالت بدون سله‌شکنی (C_0)، سله‌شکن استوانه‌ای دندانه‌دار (C_1) و سله‌شکن ستاره‌ای غلتان (C_2)

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-02-17]

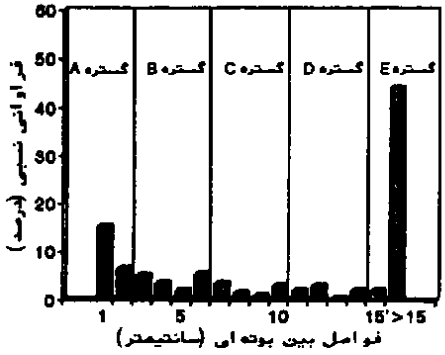
[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.2.16.5]



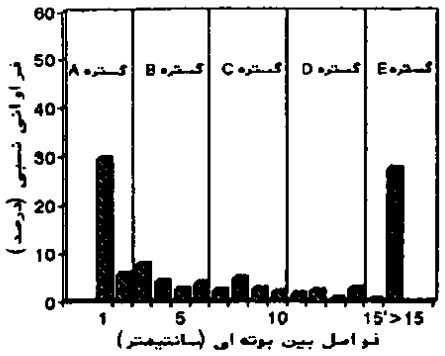
تیمار $P_3 C_1$



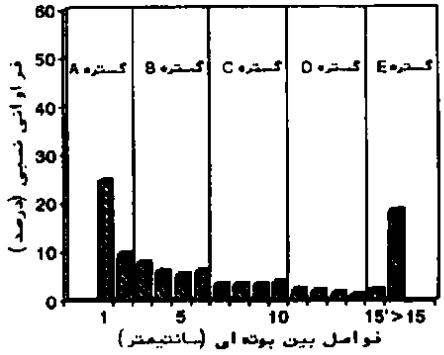
تیمار $P_3 C_0$



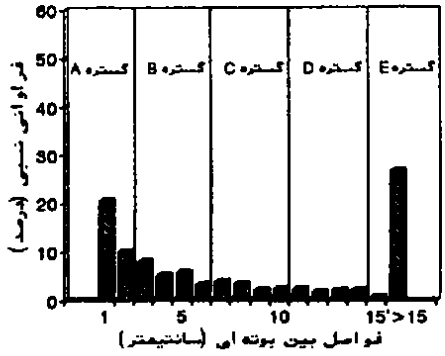
تیمار $P_4 C_0$



تیمار P_3C_2



تیمار $P_4 C_2$



تیمار $P_4 C_1$

شکل ۲. پنج گستره فاصله‌های میان بوته‌ای استفاده شده برای تخمین شاخص کاشت چندتایی، شاخص نقاط بدون بوته، شاخص کیفیت تغذیه موزع و دقت برای ردیف‌کار جاندیر (P_3) و خطی‌کار دانمارکی (P_4) ، در سه حالت بدون سله‌شکنی (C_0)، سله‌شکن استوانه‌ای دندانه‌دار (C_1) و سله‌شکن ستاره‌ای غلتان (C_2)

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.2.16.5]

جدول ۲. برآورد معیارهای عملکردی ماشین‌های کاشت در روش‌های سله‌شکنی

ماشین‌های کاشت	روش سله‌شکنی	میانگین فاصله‌های میان بوته‌ای (سانتی‌متر)	انحراف معیار فاصله‌های میان بوته‌ای (سانتی‌متر)	شاخص کاشت چندتایی (٪)	شاخص نقاط بدون بوته (٪)	شاخص کیفیت تغذیه موزع (٪)	دقت (٪)	شاخص کپه‌کاری (٪)
ردیف‌کار P_1	C_0[1]	۱۵	۳۱	۵۱	۳۶	۱۳	۳۳	۴۰
	C_1	۱۴	۳۰	۵۹	۳۰	۱۱	۳۳	۴۲
	C_2	۱۰	۲۴	۵۶	۲۹	۱۵	۳۵	۴۲
ردیف‌کار P_2	C_0	۶۸	۱۳۳	۳۰	۵۷	۱۳	۳۰	۳۵
	C_1	۳۱	۵۹	۴۹	۴۲	۹	۳۴	۴۰
	C_2	۳۱	۷۱	۴۷	۴۲	۱۰	۳۵	۴۰
ردیف‌کار P_3	C_0	۳۷	۵۴	۳۷	۴۸	۱۵	۳۲	۸
	C_1	۱۶	۳۰	۳۷	۴۸	۱۹	۳۲	۹
	C_2	۱۴	۲۳	۳۵	۴۷	۱۸	۳۴	۱۰
خطی‌کار P_4	C_0	۳۰	۵۱	۲۲	۶۲	۱۶	۲۹	۲
	C_1	۱۲	۱۷	۳۱	۴۸	۲۳	۳۴	۳
	C_2	۹	۱۳	۳۴	۴۰	۲۵	۳۷	۴

۱. C_0، C_1 و C_2 به ترتیب بدون سله‌شکنی، سله‌شکن استوانه‌ای دندانه‌دار و سله‌شکن ستاره‌ای غلتان می‌باشند.

P_2 به ترتیب ۴۵٪ و ۲۴٪ بود (۹).

سله‌شکنی، به علت افزایش شمار بوته‌های سبز شده و کم شدن فاصله‌های میان بوته‌ای، موجب کاهش میانگین و انحراف معیار فاصله میان بوته‌ای شد. سله‌شکن ستاره‌ای غلتان (C_2) نسبت به سله‌شکن استوانه‌ای دندانه‌دار (C_1)، در کاهش میانگین و انحراف معیار فاصله میان بوته‌ای در تیمارهای P_1 و P_2 و P_3 مؤثرتر بود. درصد کاهش در میانگین فاصله میان بوته‌ای در این سه ماشین کاشت در روش سله‌شکنی با سله‌شکن ستاره‌ای غلتان نسبت به حالت بدون سله‌شکنی، به ترتیب ۲۳، ۶۲ و ۷۰ درصد بود (جدول ۲).

شاخص کاشت چندتایی

شاخص کاشت چندتایی نشان دهنده عملکرد ماشین‌های کاشت در نحوه ریختن بذرها در فاصله‌های کمتر از مقدار تنظیمی است. در حالت بدون سله‌شکنی در ردیف‌کار P_1، بیش از نصف بوته‌ها در فاصله‌های کمتر یا مساوی دو سانتی‌متر سبز شدند. تفاوت شمار بوته‌های سبز شده در این ردیف‌کار با ردیف‌کار P_2، ناشی از خارج از ردیف قرار گرفتن چرخ فشار و زیاد شدن عمق کاشت بود (۹).

در حالت سله‌شکنی، شاخص کاشت چندتایی در ماشین‌های P_3 و P_4، به علت افزایش هم‌زمان گستره فاصله‌های میان بوته‌ای [۲ و ۰] و شمار کل فاصله‌های میان بوته‌ای تغییر چندانی نکرد. در حالت سله‌شکنی، شاخص چندتایی کاشت در ردیف‌کارهای P_3 و P_1، به ترتیب ۳۶ و ۵۷/۵ درصد بود. این شاخص، قابلیت کپه‌ریزی بالاتر ردیف‌کار P_1 را نسبت به ردیف‌کار P_3 نشان می‌دهد.

شاخص نقاط بدون بوته

نقاط بدون بوته ممکن است در اثر عوامل مختلفی همچون عدم موفقیت بذرکار در انداختن بذر، یا جوانه نزدن بذر، و یا سر از خاک در نیاوردن گیاهچه از خاک (سبز نشدن) باشد. در حالت بدون سله‌شکنی، شاخص نقاط بدون بوته (شاخص نکاشت و سبز نشدن) در خطی‌کار P_4 و ردیف‌کار P_1، به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را داشت. شاید این امر ناشی از ناچیز و زیاد

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.2.16.5]

بودن کپه‌کاری، به ترتیب در این دو ماشین کاشت باشد. بنابراین، می‌توان دریافت که در حالت بدون سله‌شکنی، در ردیف‌کار P_1 احتمالاً گیاهچه‌ها به علت کپه‌کاری بر مقاومت سله غلبه کرده و سبز شدند، ولی در خطی‌کار P_4 موفق به غلبه بر مقاومت سله خاک نشدند، در حالی که هم جوانه‌زنی بذرها کمتر بوده (مشاهدات مزرعه‌ای) و هم مقاومت خاک در امتداد ردیف کاشت، با میانگین ۰/۵۲ و ۰/۳۵ مگاپاسکال، به ترتیب برای تیمارهای P_1 و P_4، در لایه ۰-۵ سانتی‌متری کمتر بوده است (۹). جرارد (۷) اعلام می‌دارد که نیروی سبز شدن با افزایش شمار گیاهچه نزدیک به هم افزایش می‌یابد.

کاهش شاخص نقاط بدون بوته در روش‌های سله‌شکنی در ردیف‌کار P_2 و خطی‌کار P_4 می‌تواند ناشی از تغییر در فاصله‌های میان بوته‌ای به علت افزایش شمار بوته‌های سبز شده باشد.

شاخص کیفیت تغذیه موزع

شاخص کیفیت تغذیه موزع گویای نزدیکی فاصله میان بوته‌ای نسبت به فاصله میان بذری تنظیمی می‌باشد. به طور کلی، مقدار این شاخص در کلیه بذرکارهای بررسی شده کم بود، و در خطی‌کار (P_4) و ردیف‌کار بذرسازان (P_2) به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را به خود اختصاص داد. عوامل چندی را در پایین بودن این شاخص می‌توان بیان نمود، که از آن جمله است: زیاد بودن کاشت چندتایی یا نقاط بدون بوته، و زیاد بودن مقدار تغییرپذیری فاصله پیرامون نقطه ریزش بذر (۱۳).

میان سه بذرکار P_1 و P_3 و P_4، که عمق کاشت آنها در محدوده مقدار تنظیمی بود (۹)، شاخص کیفیت تغذیه موزع خطی‌کار P_4 در هر دو حالت سله‌شکنی و بدون سله‌شکنی از دیگر ردیف‌کارها بیشتر، و مقدار آن در حالت سله‌شکنی نسبتاً زیاد بود. تقریباً یک چهارم فاصله‌های میان بوته‌ای در محدوده دو سانتی‌متر از فاصله نظری (چهار سانتی‌متر) قرار داشتند. مقدار این شاخص نشان می‌دهد که هیچ کدام از ردیف‌کارها (بذرسازان و جاندیر)، تک‌دانه‌کار نیستند، و تمایل به جدا انداختن بذرهای بدون کرک در خطی‌کار P_4 از همه ماشین‌های بذرکار بررسی شده بیشتر است. در صورتی که کاچمن و اسمیت (۱۳)، که دو نوع تک‌دانه‌کار چغندر قند را در سه سرعت پیش‌روی با هم مقایسه نمودند، مقادیر این شاخص را برای دو نوع تک‌دانه‌کار در سرعت ۵/٦ کیلومتر در ساعت، به ترتیب ۵۹/۹ و ٦٤/۸ درصد به دست آوردند.

دقت

دقت مقیاسی از تغییرپذیری فاصله‌های میان بوته‌ای، پس از حذف کاشت چندتایی و نقاط بدون بوته است. دقت در این آزمایش کمتر تحت تأثیر روش کاشت قرار گرفت، و در میان ماشین‌های کاشت تفاوت معنی‌داری دیده نشد. کاچمن و اسمیت (۱۳) گزارش کردند که اگرچه حد بیشینه نظری این شاخص برای تک‌دانه‌کارها ۵۰٪ است، ولی حد عملی آن ۲۹٪ می‌باشد. این حد گویای آن است که توزیع فاصله‌های میان بوته‌ای در گستره مورد نظر (گستره B) به طور یکنواخت پخش شده است، و حالت انباشتگی پیرامون هیچ کدام از فاصله‌ها وجود ندارد. مقادیر به دست آمده دقت در تیمارهای مختلف این آزمایش ۲۹-۳۷ درصد بود.

شاخص کپه‌کاری

ماشین‌های کاشت اثر معنی‌داری بر شاخص کپه‌کاری داشتند، ولی چنان که آشکار است، سله‌شکنی اثر معنی‌داری بر این شاخص نداشت. این شاخص در ردیف‌کار P_1 و P_2 به طور معنی‌داری بیشتر از ردیف‌کار P_3 و خطی‌کار P_4 بود (جدول ۳). بالا بودن این شاخص در ردیف‌کار P_1 و P_2 در دو حالت بدون سله‌شکنی و سله‌شکنی، گویای آن است که این ردیف‌کار گذشته از انتقال یا عدم انتقال چرخ فشار از امتداد ردیف کاشت، تمایل به کپه‌ریزی دارد. اگرچه مکانیسم موزع این ردیف‌کار با ردیف‌کار P_3 مشابه است، ولی پهنای چرخ گیرنده بذر در ردیف‌کار P_3 کمتر بود. بنابراین، احتمالاً دندانه‌های آن هم‌زمان بذر کمتری به داخل لوله سقوط انتقال دادند، و تمایل

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.2.16.5]

جدول ۳. تأثیر عوامل آزمایشی بر شاخص کپه‌کاری

عوامل آزمایشی	شاخص کپه‌کاری (٪)
روش کاشت:	
ردیف‌کار P_1	٤١/٣[a]
ردیف‌کار P_2	٣٨/٣[a]
ردیف‌کار P_3	٩[b]
خطی‌کار P_4	٣[b]
روش سله‌شکنی:	
بدون سله‌شکنی (C_0)	٢٨/٣[a]
سله‌شکنی با سله‌شکن استوانه‌ای دندانه‌دار (C_1)	٣١/٣[a]
سله‌شکنی با سله‌شکن ستاره‌ای غلتان (C_2)	٣٢[a]

اعداد هر عامل آزمایشی که در یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ٥٪ می‌باشند.

به کپه‌ریزی در این ردیف‌کار خیلی کمتر بوده است. یکی از عواملی که در سبز شدن بذرهای کاشته شده، به ویژه در خاک‌های حساس به سله مؤثر است، شمار بذور کاشته شده در یک نقطه می‌باشد (٨). نیروی سبز شدن تابع خطی رطوبت حجمی خاک، شمار گیاهچه نزدیک به هم، و سطح مقطع هیپوکوتیل است (٧).

در ردیف‌کار P_3 (با چرخ فشار میان خالی)، اگرچه درصد کپه‌کاری در آن زیاد نبود، ولی چون پیرامون بذر توسط چرخ فشار دهنده فشرده می‌شد، مقاومت خاک در بالای بذر کمتر بود، به گونه‌ای که میانگین مقاومت خاک در امتداد ردیف کاشت در لایه ٠–٥ سانتی‌متری در تیمارهای P_1 و P_3 به ترتیب ٠/٥٢ و ٠/٤٦ مگاپاسکال بود (٩). به علت افزایش مقاومت پیرامون بذر، تمایل به کمانش (Buckling) و خمش گیاهچه کمتر، و احتمال سر از خاک در آوردن گیاهچه (سبز شدن) بیشتر شد. تیلور (١٧) بیان می‌دارد که برای این که گیاهچه بتواند از نیروی محوری بالقوه خود برای نفوذ در سله استفاده کند، مهاربندی جانبی آن بسیار مهم است. گزارش پژوهش‌ها (٢ و ٥) گویای آن است که مهاربندی جانبی گیاهچه، نیروی سبز شدن بیشینه و ظرفیت بارپذیری هیپوکوتیل را افزایش می‌دهد.

شاخص کپه‌کاری در اثر سله‌شکنی تغییر زیادی نیافت، زیرا نیروی بالاسوی گیاهچه‌های نزدیک به هم در حالت بدون سله‌شکنی برای سبز شدن کافی بود. فراوانی نسبی فاصله‌های میان بوته‌ای مؤید این مطلب است (شکل‌های ١ و ٢).

ارتباط معیارهای عملکردی ماشین‌های کاشت

به منظور بررسی ارتباط میان معیارهای عملکردی ماشین‌های کاشت، هم‌بستگی ساده میان معیارهای محاسبه شده به دست آمد (جدول ٤). همان گونه که پیش‌بینی می‌شد، یک هم‌بستگی منفی شدید میان شاخص نقاط بدون بوته و شاخص کاشت چندتایی وجود داشت. هم‌بستگی منفی میان شاخص‌های متفاوت مورد انتظار است، زیرا هر فاصله تنها در یک گستره قرار می‌گیرد.

با توجه به این که توزیع فاصله میان بوته‌ها به سمت راست چولگی (Skewed to the right) دارد (شکل‌های ١ و ٢)، بین میانگین و انحراف معیار و شاخص نقاط بدون بوته، انتظار ضریب هم‌بستگی مثبت می‌رفت. اگر شمار نقاط بدون بوته زیاد باشد، انتظار می‌رود میانگین فاصله میان بوته‌ای بزرگ‌تر شود. هنگامی که یک نقطه بدون بوته وجود داشته باشد، فاصله از میانگین بیشتر شده، و تغییرات بیشتری در داده‌ها مورد انتظار است. کاچمن و اسمیت (١٣) نیز که دو نوع دقیق‌کار را در سه

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.2.16.5]

جدول ٤. نیمه ماتریس ضرایب هم‌بستگی ساده میان معیارهای عملکردی ماشین‌های کاشت

معیار	شمار بوته	میانگین	انحراف معیار	شاخص کاشت چندتایی	شاخص نقاط بدون بوته	شاخص کیفیت تغذیه موزع	دقت
شمار بوته	۱						
میانگین	۰/۸۵-**	۱					
انحراف معیار	۰/۸۲-	۰/۹۸**	۱				
شاخص کاشت چندتایی	۰/۲٤	۰/۳۵-	۰/۲۱-	۱			
شاخص نقاط بدون بوته	۰/۵۸-*	۰/٦۰*	۰/٤۹+	۰/۹۲-**	۱		
شاخص کیفیت تغذیه موزع	۰/٦۱*	۰/۳۸-	۰/٤۹-+	۰/۵٦-*	۰/۱۸	۱	
دقت	۰/۲۸	۰/۳۹-	۰/۳۸-	۰/۱۹-	۰/۰۸	۰/۲۸	۱

+، * و ** : به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱۰٪، ۵٪ و ۱٪

سرعت پیش‌روی ارزیابی نمودند، نتایج مشابهی را در خصوص هم‌بستگی میان معیارهای یاد شده به دست آوردند.

نتیجه‌گیری

نتایج ارزیابی ماشین‌های کاشت پنبه را می‌توان به صورت زیر بیان نمود:

۱. معیارهای استفاده شده در این پژوهش، گرچه مربوط به تک‌دانه‌کارها می‌باشند، ولی به خوبی گویای عملکرد ماشین‌های ارزیابی شده به صورت کمی هستند.

۲. استفاده از میانگین و انحراف معیار نمونه به تنهایی، برای خلاصه کردن توزیع فاصله میان بوته‌ها، روشی مناسب محسوب نمی‌شود. در حالت سله‌شکنی با سله‌شکن استوانه‌ای دندانه‌دار، میانگین و انحراف معیار ردیف‌کار بذرسازان (P_1) حدوداً مساوی ردیف‌کار جاندیر (P_3) بود، ولی شاخص کاشت چندتایی در ردیف‌کار بذرسازان (P_1) حدود ٦۰٪ بیشتر بود.

۳. تمایل به کپه‌ریزی در ردیف‌کار بذرسازان (P_1) بیشتر از ردیف‌کار جاندیر (P_3)، و در خطی‌کار تقریباً ناچیز بود. بنابراین، موزع ردیف‌کارهای بذرسازان و جاندیر، هیچ کدام تک‌دانه‌کار نبوده، و موزع آنها بذرها را به صورت حجمی به داخل لوله سقوط هدایت می‌کند.

٤. شاخص پیشنهادی کپه‌کاری برای بیان عملکرد ماشین‌های کاشت، فراسنجه‌ای پایدار بود، یعنی گذشته از روش سله‌شکنی، عملکرد ماشین کاشت با استفاده از این شاخص قابل مقایسه است.

منابع مورد استفاده

۱. مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان. ۱۳۷۳. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی مطالعه و تهیه نقشه‌های حاصل‌خیزی خاک ایستگاه‌های تحقیقاتی کبوترآباد و براآن اصفهان. نشریه فنی شماره ۳۲.

2. Arndt, W. 1965. The impedance of soil seals and the force of emerging seedling. Aust. J. Soil Res. 3: 55-65.

3. Awadhwal, N. K. and G. E. Thierstein. 1983. Development of rolling-type soil crust breaking. AMA 14(4): 31-34.

4. Brooks, D. and B. Church. 1987. Drill performance assessments: a changed approach. Brit. Sugar Beet Rev. 55(4): 50-51.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.2.16.5]

5. Chu, Y. N., C. G. Coble and W. R. Jordan. 1991. Cotton emergence force as affected by soil temperature, moisture and compression. Crop Sci. 31: 405-409.
6. Fornstrom, K. J. and S. D. Miller. 1989. Comparison of sugarbeet planters and planting depth with two sugarbeet varieties. J. Am. Soc. Sugarbeet Technol. 26(3&4): 10-16.
7. Gerard, C. J. 1980. Emergence force by cotton seedlings. Agron. J. 72: 473-476.
8. Goyal, M. R. 1982. Soil crusts vs. seedling emergence: review. AMA 13: 62-78.
9. Hemmat, A. and A. A. Khashoei. 2000. Effect of planting equipment and crust breaking method on cotton emergence. PP. 493-496. *In*: Proceedings of the XIV Memorial CIGR World Congress 2000. Tsukuba, Japan. Nov. 28-Dec. 1, 2000.
10. Hollewell, W. 1982. Drill performance assessments. Brit. Sugar Beet Rev. 50(3): 13-15.
11. International Organization for Standardization. 1984. Sowing equipment. Test methods. Part 1: Single seed drills (precision drills), 7256/1.
12. John Deere Service Training. 1981. Fundamentals of Machine Operation: Planting. Dept. F., John Deere Road, Moline, Illinois.
13. Kachman, S. D. and J. A. Smith. 1995. Alternative measures of accuracy in plant spacing for planters using single seed metering. Trans. ASAE 38(2): 379-387.
14. Panning, J. W., M. F. Kocher, J. A. Smith and S. D. Kachman. 2000. Laboratory and field testing of seed spacing uniformity for sugarbeet planters. Appl. Eng. Agric. 16(1): 7-13.
15. Parish, R. L., P. E. Bergeron and R. P. Bracy. 1991. Comparison of vaccum and belt seeders for vegetable palnting. Appl. Eng. Agric. 7(5): 537-540.
16. Rohrbach, R. P., R. D. Brazee and H. J. Barre. 1969. On spacing statistics of plant populations produced by uniform seed-placement devices. J. Agric. Eng. Res. 14(3): 210-225.
17. Taylor, H. M. 1971. Soil conditions as they affect plant establishment, root development and yield, (F): effects of soil strength on seedling emergence, root growth and crop yield. PP. 292-305. *In*: K. K. Barnes, W. M. Carleton, H. M. Taylor, R. I. Throckmorton and G. E. Vanden Berg (Eds.), Compaction of Agricultural Soils. ASAE, St. Joseph, MI.
18. Thomson, M. 1986. Drill performance assessments. Brit. Sugar Beet Rev. 54(4): 11-14.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-02-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1381.6.2.16.5]