وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

دستنامه فنی:

# ریزش دانه، مقاومت به آن و برداشت مکانیزه کنجد

مجید غلامحسینی، محمدحسین رزاقی،
حمید صادقی گرمارودی و احمد آئین

سال انتشار: ۱۴۰۴

AERI

آدرس: کرج، بلوار شهید فهمیده، کدپستی: ۳۱۳۵۹۱۳۵۳۳، مؤسسه تحقیقات فنی ومهندسی کشاورزی
تلفن: ۳۲۷۰۵۳۲۰، ۳۲۷۰۵۲۴۲ و ۳۶۱۵۰۰۰۰(۰۲۶)
دورنگار: ۳۲۷۰۶۲۷۷ (۰۲۶)، آدرس دسترسی: www.aeri.ir(بخش انتشارات الکترونیکی)

**بسم الله الرحمن الرحیم**

**مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی**

# دستنامهٔ فنی:
# ریزش دانه، مقاومت به آن و برداشت مکانیزهٔ کنجد

**تهیه و تدوین:**
**مجید غلامحسینی، محمدحسین رزاقی، حمید صادقی گرمارودی و احمد آئین**

**به‌ترتیب عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کارشناس مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان**

**سال انتشار:**
**۱٤۰٤**

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
**مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی**

**نوع نوشتار:** دستنامهٔ فنی
**عنوان نوشتار:** ریزش دانه، مقاومت به آن و برداشت مکانیزهٔ کنجد
**نگارندگان:** مجید غلامحسینی، محمدحسین رزاقی، حمید صادقی گرمارودی و احمد آئین
**ویراستار ادبی:** محمدرضا داهی
**صفحه‌آرا:** شبنم جباری
**طراح جلد:** سمیه وطن‌دوست
**ناشر:** مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
**شمارگان:** محدود
**نوبت چاپ:** اول
**سال انتشار:** ۱۴۰۴

**مسئولیت صحت مطالب با نگارندگان است.**

**شماره ثبت ٦٧١٥١ در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی کشاورزی**
**سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی به تاریخ ١٤٠٤/٠١/٢٤**

## مخاطبان دستنامه فنی

کارشناسان و مدیران تولیدات گیاهی جهاد کشاورزی، کشاورزان تولیدکنندهٔ کنجد، محققان، کارشناسان و مروجان کشاورزی فعال در تولید کنجد و مسئولان فنی مکانیزاسیون

## هدف‌های آموزشی

**شما خوانندگان گرامی در این دستنامهٔ فنی با:**

- ریزش دانه در کنجد و صفات موثر در ایجاد مقاومت به ریزش
- ارقام داخلی کنجد مقاوم به ریزش
- روش‌های برداشت مکانیزه کنجد
- تنظیمات اختصاصی کمباین برای برداشت مستقیم کنجد
- کنترل کیفی محصول کنجد برداشت شده

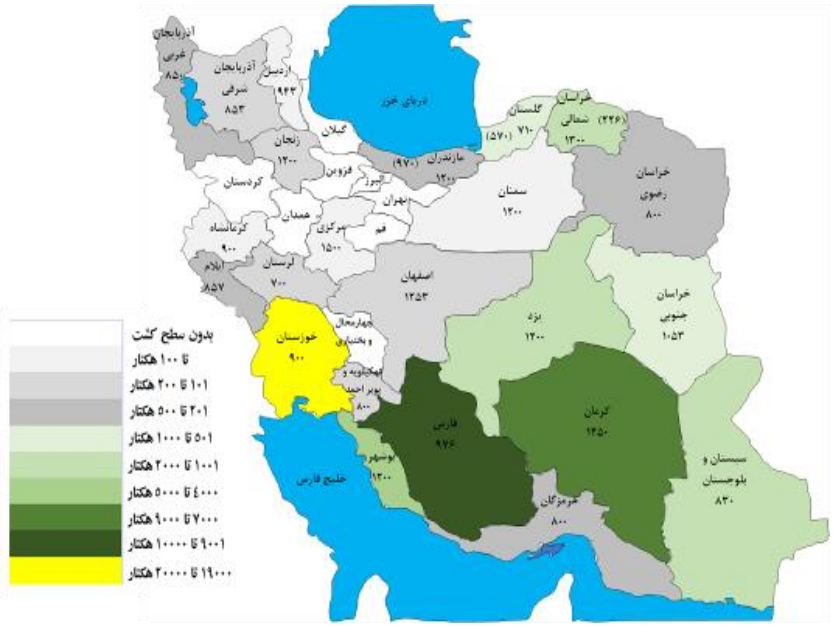
**آشنا خواهید شد.**

| فهرست مطالب | شماره صفحه |
|---|---|
| ۱- مقدمه | ۱ |
| ۲- ریزش دانه در کنجد و صفات موثر در ایجاد مقاومت به ریزش | ۱۰ |
| ۲-۱- آناتومی کپسول و سازوکار ریزش دانه درکنجد | ۱۰ |
| ۲-۲- کپسول‌هایی با توانایی حفظ دانه | ۱۳ |
| ۲-۳-کمی‌سازی شدت ریزش دانه | ۲۵ |
| ۳- ارقام داخلی کنجد مقاوم به ریزش | ۳۰ |
| ۴- برداشت مکانیزه کنجد | ۳۳ |
| ۴-۱- روش‌های برداشت مکانیزه | ۳۳ |
| ۴-۲- تعیین زمان برداشت | ۳۵ |
| ۴-۳- برداشت دو مرحله‌ای کنجد | ۴۰ |
| ۴-۴- برداشت مستقیم یا یک مرحله‌ای کنجد | ۴۱ |
| ۴-۴-۱- تنظیمات اختصاصی کمباین برای برداشت مستقیم کنجد | ۴۹ |
| ۴-۴-۲- ارزیابی هدررفت محصول کنجد در برداشت مستقیم | ۶۶ |
| ۵- کنترل کیفی محصول کنجد برداشت شده | ۷۴ |
| ۶- نگهداری و انبارکردن دانهٔ کنجد | ۷۸ |
| ۷- جمع‌بندی | ۸۰ |
| منابع | ۸۲ |

## ۱. مقدمه

با توجه به اهمیت روغن خوراکی به عنوان کالایی اساسی در سبد خانوار و همچنین واردات بیش از ۹۰ درصد روغن مورد نیاز داخلی، توسعه کشت انواع دانه‌های روغنی در کشور ضروری خواهد بود. در بین دانه‌های روغنی، کنجد[1] به دلیل دارا بودن میزان قابل توجهی از اسیدهای چرب اشباع‌نشده (۸۰ تا ۸۵ درصد از روغن دانه) و دیگر ترکیبات شامل لیگنان‌ها، پروتئین و ترکیب اسیدهای آمینه به عنوان ملکهٔ دانه‌های روغنی شناخته می‌شود (غلامحسینی، ۱۴۰۲). کنجد گیاهی است یک‌ساله و از قدیمی‌ترین گیاهان روغنی است که سازگار به نواحی گرم و نیمه گرم است، هرچند معرفی ارقام جدید باعث شده تا کشت این گیاه در دیگر مناطق از جمله مناطق معتدل نیز گسترش یابد. درحال حاضر کنجد پس از کلزا دارای بیشترین سطح کشت بین دانه‌های روغنی در کشور است و از ۳۱ استان کشور در بیشتر از ۲۰ استان کشت کنجد رواج دارد (آمارنامه محصولات زراعی، ۱۴۰۲)، (شکل ۱).

[1] *Sesamum indicum* L.

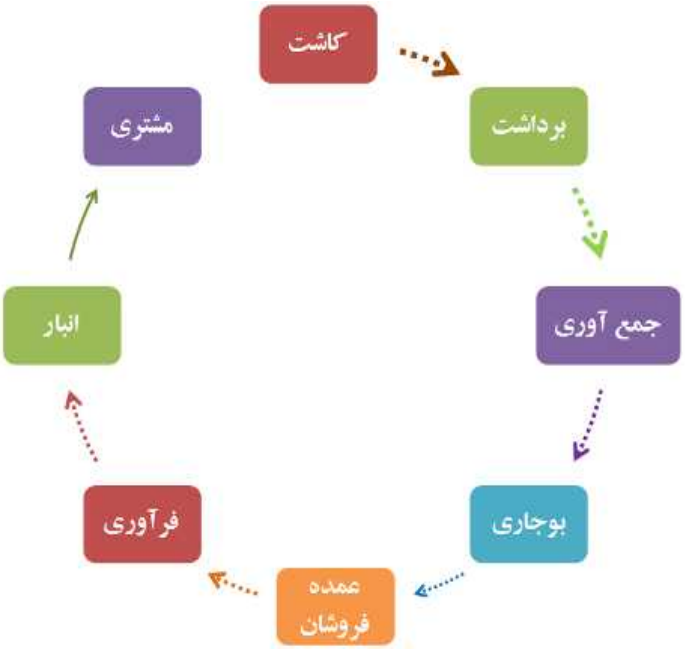



**شکل ۱. پراکنش کشت کنجد در کشور و متوسط عملکرد (کیلوگرم در هکتار) در هر استان. اعداد داخل پرانتز عملکرد دیم استان را نشان می‌دهد (داده‌ها از آمارنامه محصولات زراعی، ۱۴۰۲).**

سابقه کشت کنجد در ایران به بیش از ۴۰۰۰ سال می‌رسد (بدیگیان[1]، ۲۰۰۴ و ۲۰۱۰). این محصول به دلیل ویژگی‌های برجستهٔ زراعی از جمله مقاومت بالا به گرما و خشکی (غلامحسینی[2]، ۲۰۲۰)، مناسب بودن در تناوب زراعی با گندم و جو (افضلی نیا و همکاران، ۱۳۹۷) و امکان کشت در نظام‌های زراعی کم‌نهاده (غلامحسینی و همکاران، ۱۴۰۱) در توسعهٔ کشاورزی پایدار اهمیت بالایی دارد. باید توجه داشت اگر چه کنجد دارای پتانسیل مناسبی برای تولید است، اما میزان عملکرد آن معمولا پایین (متوسط عملکرد در ایران ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار) و حتی بسیار پایین (متوسط عملکرد جهانی ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) است

[1] Bedigian
[2] Gholamhoseini

(فائو[1]، ۲۰۲۴). عملکردهای پایین در زراعت کنجد به این دلیل است که این گیاه عمدتا در خاک‌های با حاصلخیزی کم و با حداقل نهاده‌های کشاورزی رشد داده می‌شود (غلامحسینی، ۱۳۹۹) و مهم‌تر اینکه بخش قابل توجهی از دانهٔ تولید شده در فرآیند تولید هدر می‌رود (شکل ۲، جدول ۱).




**شکل ۲. چرخه تولید تا مصرف کنجد. ضخامت و نازکی پیکان‌های نقطه چین نشان دهنده شدت هدرروی محصول در هر مرحله از چرخه است. پیکان‌های نقطه چین ضخیم نشان‌دهنده هدرروی بیشتر و پیکان‌های نقطه چین نازک نشان‌دهنده هدرروی کمتر است. رنگ پیکان‌ها نیز نشان-دهنده هدرروی در مرحله مورد نظر است. برای مثال پیکان اول ارائه‌دهندهٔ شدت هدرروی محصول از زمان کاشت تا قبل برداشت است. شکل از نویسندگان.**

[1] FAO

**جدول ۱. مقدار تلفات محصول کنجد در زنجیره تولید تا مصرف**

| علت هدرروی محصول در زنجیره تولید | مقدار (کیلوگرم)* | درصد | عامل | منابع |
|---|---|---|---|---|
| تلفات قبل از برداشت | ۶۰ تا ۷۵ | ۸ تا ۱۰ | آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز | غلامحسینی (۱۴۰۲) |
| تلفات برداشت** | ۷۵ تا ۸۵ | ۱۰ تا ۱۲ | همزمان‌نبودن رسیدگی کپسول‌ها، ویژگی ریزش دانهٔ کنجد، برداشت–نشدن به‌شکل مکانیزه، عوامل انسانی برداشت‌کننده | کلالی[1] و همکاران (۲۰۱۴) کایلاشکومار[2] (۲۰۱۹) |
| تلفات حین خشک شدن محصول برداشت شده | ۳۴ تا ۳۶ | ۴/۵ تا ۵ | خشک شدن بیش از حد، رسیدگی ناکامل دانه، حملهٔ آفات | دساله[3] و همکاران (۲۰۱۹) |
| تلفات در هنگام خرمنکوبی | ۶ تا ۸ | ۰/۸ تا ۱ | خرمن‌کوبی دستی، فقدان امکانات مناسب | نمه[4] و همکاران (۲۰۲۰) گالادیما و ایسا[5] (۲۰۲۰) |
| تلفات ناشی از کوبیده نشدن کپسول ها | ۲ تا ۴ | ۰/۳ تا ۰/۵ | خشک کردن نامناسب | عثمان[6] و همکاران (۲۰۲۲) |
| تلفات در هنگام تمیز کردن دانه | ۲ تا ۴ | ۰/۳ تا ۰/۵ | عرضهٔ ناکافی یا محدود مواد بسته بندی، حمل و نقل نامناسب | کالیاشکومار (۲۰۲۱) |

[1] Kelali
[2] Kailashkumar
[3] Desale
[4] Neme
[5] Galadima and Isa
[6] Usman

**ادامه جدول ۱**

| علت هدرروی محصول در زنجیره تولید | مقدار (کیلوگرم) | درصد | عامل | منابع |
|---|---|---|---|---|
| تلفات حین حمل و نقل از مزرعه به انبارهای اصلی | ۲ تا ۴ | ۰/۳ تا ۰/۵ | بسته بندی نامناسب | نمه و همکاران (۲۰۲۰) |
| تلفات در انبار | ۲ تا ۴ | ۰/۳ تا ۰/۵ | امکانات ضعیف انبارداری | عثمان و همکاران (۲۰۲۲) |
| تلفات بسته‌بندی در بازار | ۶ تا ۸ | ۰/۸ تا ۱ | بسته‌بندی غیرمکانیزه، عوامل انسانی بسته‌بندی | کایلاشکومار (۲۰۱۹) |
| تلفات در حین فرآوری محصول مانند تولید ارده | ۸ تا ۱۰ | ۱ تا ۱/۲ | فقدان امکانات پیشرفته در کارخانه‌ها | کایلاشکومار (۲۰۱۹) |
| تلفات پیش بینی نشده | ۲ تا ۴ | ۰/۳ تا ۰/۵ | – | کلالی و همکاران (۲۰۱۴) |
| | مجموع ۱۹۹ تا ۲۴۲ | ۲۶/۶ تا ۳۲/۷ | | |

* داده ها بر اساس یک هکتار مزرعه کنجد با متوسط عملکرد ۷۵۰ کیلوگرم در هکتار ارائه شده است.
** برداشت در اینجا به صورت دستی در نظر گرفته شده و قبل از رسیدگی کامل گیاه.

ریزش دانه یکی از مشکلات اساسی زراعت کنجد است که باعث کاهش شدید عملکرد محصول می‌شود (غلامحسینی و همکاران، ۱۴۰۲ الف). اگرچه باز شدن کپسول‌ها و رهاسازی دانه‌ها سازوکاری مفید برای پراکندگی دانه‌ها در طبیعت است، اما این ویژگی در گیاه کنجد از موانع اصلی توسعهٔ کشت این محصول است. از آنجایی که به دلیل عادت رشدی نامحدود[1] کنجد (همزمانی رشد رویشی و زایشی) زمان رسیدگی دانه‌ها در مزرعه و حتی دانه‌ها روی یک بوته یکسان نیست و از طرفی در ارقام معمول حساس به ریزش، کپسول‌ها پس از خشک شدن باز می‌شوند و دانه‌ها ریزش می‌کنند، تعیین زمان مناسب برداشت برای کنجد بسیار مشکل است. برداشت زود هنگام محصول قبل از رسیدگی دانه‌ها به دلیل وجود دانه‌های نابالغ و نارس موجب کاهش عملکرد محصول از لحاظ کمی و کیفی، هر دو، می‌گردد (دی[2]، ۲۰۰۰). از طرف دیگر اگر برداشت به تاخیر افتد ریزش دانه‌ها می‌تواند تا نیمی از محصول را از بین ببرد (لانگهام[3]، ۲۰۰۰). علاوه بر این، دانه‌های کنجد ریخته شده روی زمین در تناوب با گیاه بعدی به عنوان علف هرز می‌تواند مشکلاتی ایجاد کند. همان طور که شکل ۲ و جدول ۱ نشان می‌دهد، مهم‌ترین بخش هدرروی محصول از زنجیره تولید تا مصرف کنجد در عملیات برداشت غیر مکانیزه و دستی کنجد می‌توان دید که در شرایط معمول ۱۰ تا ۱۲ درصد از محصول (عثمان و همکاران، ۲۰۲۲) و در شرایطی که کشاورز به زراعت گیاه آشنا نباشد و برداشت را به تاخیر اندازد حتی تا بیش از ۵۰ درصد محصول را تلف می‌کند (کلالی و همکاران، ۲۰۱۴).

در اکثر قریب به اتفاق مناطق کشت کنجد در ایران و بسیاری از نقاط جهان، محصول به روش دستی برداشت می‌شود. بدین صورت که بوته‌ها از بالای سطح زمین بریده و به صورت دسته‌هایی به صورت ایستاده قرار داده می‌شوند تا خشک شوند. زمانی‌که دسته‌ها خشک شدند، کپسول‌ها شروع به شکفته شدن می‌کنند. در این مرحله دسته‌ها به صورت

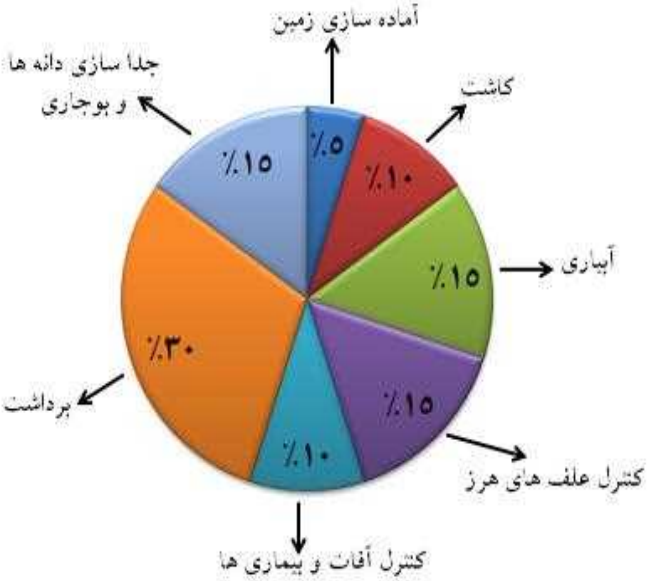
[1] Indeterminate growth habit
[2] Day
[3] Langham

وارونه روی سطح صافی مانند پارچه یا ورقه‌های پلاستیکی یا حتی روی زمین تکانده می‌شوند تا تمامی دانه‌ها از کپسول‌ها خارج شوند (شکل ۳). سپس، دانه‌ها جمع‌آوری و در صورت لزوم خشک و پس از بوجاری برای ارسال به بازار ذخیره می‌شوند.

**شکل ۳. مراحل سه‌گانه برداشت دستی کنجد شامل دروکردن (a)، دسته کردن بوته‌های برداشت شده (b) و تکاندن بوته‌های خشک شده (c). دانه‌های ریخته شده روی زمین در برداشت دستی کنجد(d). عکس از نویسندگان.**

این فرآیند برداشت و خرمن‌کوبی سنتی کنجد نه تنها به دلیل خرد شدن و آسیب دیدن دانه و وجود مواد خارجی در محصول نهایی از کمیت و کیفیت محصول می‌کاهد، بلکه پرزحمت، وقت‌گیر و هزینه‌بر است (غلامحسینی و همکاران، ۱۴۰۲ب). بررسی‌های میدانی نشان می‌دهد که برداشت، خرمن‌کوبی و بوجاری کنجد در مقایسه با دیگر مراحل زراعت این محصول بیشترین سهم را در به‌کارگیری نیروی کارگری دارند (صادقی گرمارودی و همکاران، ۱۴۰۱) (شکل ۴). از طرف دیگر، در دسترس بودن نیروی کار برای برداشت کنجد

به دلیل مهاجرت افراد از روستاها به شهرها روز به روز رو به کاهش است و همچنین با توجه به اینکه زمان برداشت کنجد مصادف با زمان برداشت یا کاشت دیگر محصولات زراعی و باغی است رقابت برای نیروی کار نیز افزایش می‌یابد. با تمام این توضیحات می‌توان نتیجه‌گیری کرد که با روش سنتی زراعت کنجد هیچگاه شاهد توسعهٔ قابل توجه سطح کشت این محصول ارزشمند نخواهیم بود.




**شکل ٤. برآورد نیروی کار مورد نیاز در مراحل مختلف زراعت کنجد (غلامحسینی و همکاران، ۱٤۰۲ ب; صادقی گرمارودی و همکاران، ۱٤۰۱).**

برخلاف مناطقی که برداشت کنجد به صورت دستی است، در ایالات متحده آمریکا (ایالت‌های تگزاس و اکلاهما) مزراع کنجد به طور مستقیم و با کمباین برداشت می‌شوند (شکل ۵). کشورهایی دیگری که برداشت مکانیزهٔ کنجد در آن‌ها توسعه پیدا کرده است برزیل و چین هستند. برزیل نمونه‌ای است بارز از تاثیر تغییر در روش برداشت کنجد از سنتی

به مکانیزه بر گسترش زراعت این محصول. بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰، معرفی ارقام کنجد مقاوم به ریزش در این کشور و پیشرفت‌های فناوری در ماشین‌آلات کشاورزی که امکان برداشت مکانیزه کنجد را فراهم کرده باعث شده تا کنجد از محصولی مهجور در این کشور به یکی از محصولات قابل توجه دانه‌های روغنی تبدیل شود به‌طوری که سطح کشت کنجد در این کشور در سال ۲۰۰۰ بالغ بر ۲۴ هزار هکتار و در سال ۲۰۲۰ به ۱۴۴ هزار هکتار رسیده است (فائو، ۲۰۲۴). تا قبل از این پیشرفت‌ها، مساحت مزراع کنجد در برزیل بین دو تا پنج هکتار بود در حالی که پس از فراهم شدن امکان برداشت مکانیزه، مساحت مزارع به ۱۰۰ تا ۲۰۰ هکتار افزایش یافته و موجب شده است زراعت این محصول صرفۀ اقتصادی مناسبی برای کشاورزان داشته باشد (کیروگا[1] و همکاران، ۲۰۱۹).

**شکل ۵- برداشت مکانیزه گیاه کنجد در آمریکا. عکس از لانگهام و همکاران (۲۰۱۰).**

بنابراین، به نظر می‌رسد که در دسترس بودن ارقام مقاوم به ریزش دانه و تغییر در روش برداشت کنجد از دستی به مکانیزه گامی بلند برای توسعۀ کشت این محصول در کشورهای مستعد کشت آن از جمله ایران باشد. تاکنون چند رقم کنجد مقاوم به ریزش و

[1] Queiroga

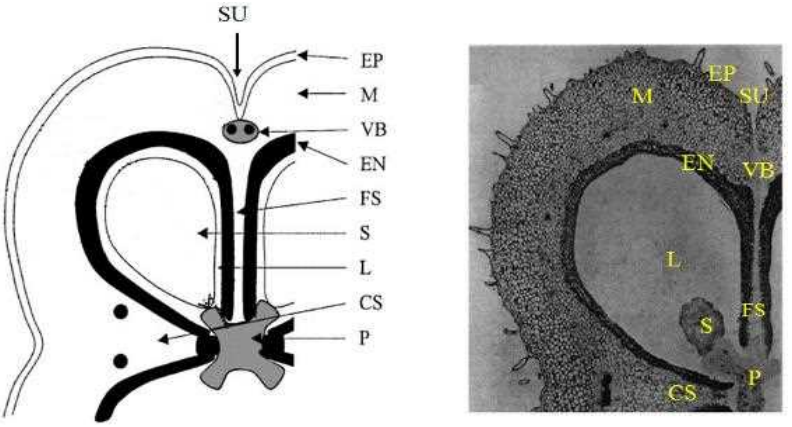
پرمحصول را پژوهشگرانی مانند لانگهام از شرکت سیساکو[1]، شرکت معرفی کنندهٔ ارقام مقاوم به ریزش کنجد در ایالات متحده آمریکا، معرفی کرده‌اند. بذر یک ژنوتیپ کنجد مقاوم به ریزش از طریق دفتر طرح دانه‌های روغنی وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۵ وارد کشور شد و در اختیار موسسات تحقیقات کشاورزی قرار گرفت که امیدواری زیادی را برای توسعهٔ کشت کنجد در کشور به همراه داشته است. در این دستنامه به مبحث ریزش دانه در کنجد، صفات موثر در ایجاد مقاومت به ریزش، روش‌های آزمایشگاهی و مزرعه‌ای ارزیابی مقاومت به ریزش، معرفی ارقام داخلی مقاوم به ریزش، جزئیات برداشت مکانیزهٔ کنجد، ارزیابی کیفیت محصول برداشت شده با کمباین و سرانجام نگهداری و انبار محصول کنجد پرداخته می‌شود.

## ۲. ریزش دانه در کنجد و صفات موثر در ایجاد مقاومت به ریزش

### ۲-۱- آناتومی کپسول و سازوکار ریزش دانه درکنجد

میوه در گیاه کنجد کپسول شناخته می‌شود. از نظر بافت‌شناسی، که در مبحث ریزش دانه اهمیت دارد، کپسول در کنجد دارای سه لایهٔ بافتی اپیدرم، میانبر (مزوکارپ) و درونبر (اندوکارپ) است. بافت میانبر شامل سلول‌های نرم پارانشیمی است. در مقابل، بافت درونبر دارای سلول‌های اسکلرانشیمی است که به شدت لیگنینی (سخت) شده‌اند و در اطراف بذر از دیوارهٔ برچه به داخل تقسیم‌بندی‌های آن ادامه می‌یابند اما به سمت جفت نمی‌روند. همچنین دانه‌ها در مرکز کپسول به جفت متصل می‌شوند (شکل ۶).

[1] Sesaco corporation



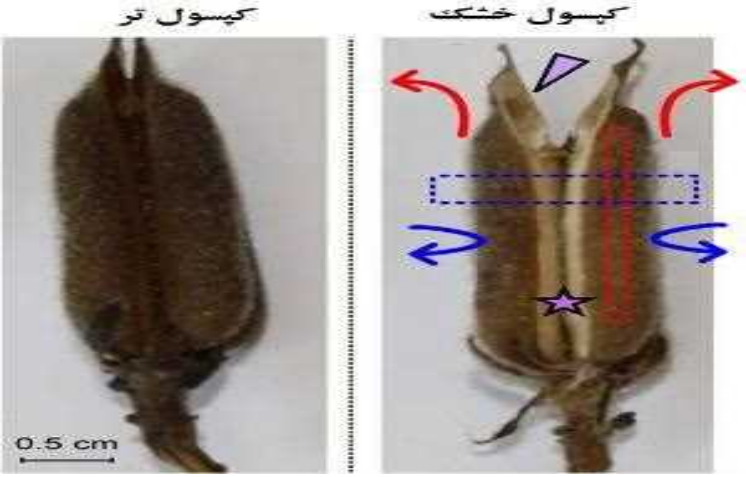

**شکل ٦. برش عرضی کپسول کنجد عکس از دی (۲۰۰۰).**

**SU: شکاف، CS: دیواره برچه، EN: درونبر(اندوکارپ)، EP: برونبر (اپیکارپ)، FS: دیوارۀ (غشا) کاذب، L: حفره، M: میانبر (مزوکارپ)، P: جفت، S: دانه، VB: دسته آوندی میانی.**

در کنجد زمانی که کپسول‌ها می‌رسند و خشک می‌شوند، از محل شکاف از بالا به پایین باز یا شکوفا می‌شوند. شکوفا شدن میوۀ خشک شده، مانند کپسول در کنجد یا خورجین در کلزا، در هر گونه‌ای دو پیش شرط دارد ۱) متفاوت بودن لایه‌های بافتی در آرایش رشته‌های سلولزی یا در مقدار ضخیم شدن دیواره و ۲) ایجاد شکاف طولی در ناحیه‌ای ضعیف شده (ناحیۀ انفصال) روی میوه (مایتی[1] و همکاران، ۲۰۲۱). در کنجد، هنگامی که کپسول خشک می‌شود لایۀ درونبر (اندوکارپ) کمتر از لایۀ میانبر (مزوکارپ) چروکیده می‌شود. این تفاوت در میزان چروکیدگی باعث ایجاد فشار در دیوارۀ کپسول می‌شود که جدا شدن درونبر (اندوکارپ) را از میانبر (مزوکارپ) در پی دارد. هر مقدار این تفاوت چروکیدگی بین دو بافت بیشتر باشد، شکاف ایجاد شده روی کپسول نیز بیشتر است. از آنجاکه سلول‌های محور طولی درونبر (اندوکارپ) در جهات مختلفی قرار گرفته‌اند (اشتاین[2] و همکاران، ۲۰۱۶)

[1] Maity
[2] Shtein

کپسول‌ها در زمان خشک شدن، هم در طول دیوارهٔ کاذب باز می‌شوند و هم از پشت نوک کپسول (شکل ۷). همان طور که اشاره شد، یکی دیگر از عوامل ریزش دانه وجود ناحیه‌ای ضعیف شده روی کپسول است. در کپسول کنجد، این ناحیه ضعیف شده در دیوارهٔ کاذب است که لایه‌های حاوی سلول‌های با دیوارهٔ ضخیم (درونبر) را از هم جدا می‌کند. (FS در شکل ۶). این ناحیهٔ ضعیف شده در طول غشای کاذب حاوی سلول‌های پارانشیمی با دیوارهٔ نازک‌شده است که از بین دسته‌های آوندی میانی تا برونبر (اپیکارپ) امتداد می‌یابد. ضعیف شدن این ناحیه با هضم دیوارهٔ سلولی سلول‌های پارانشیمی غشای کاذب در زمان توسعهٔ اولیه کپسول اتفاق می‌افتد. در مجموع، نتیجه این تغییرات در کپسول کنجد شامل تفاوت در میزان چروکیدگی سلول‌های درونبر (اندوکارپ) و میانبر (مزوکارپ) و توسعهٔ ناحیهٔ ضعیف شده، بازشدن کپسول و ریزش دانه است.




**شکل ۷. تغییر شکل کپسول کنجد در اثر خشک شدن. کپسول خشک در امتداد ناحیهٔ شکاف که با یک ستاره مشخص شده است باز می‌شود. نوک مثلث به محل استقرار دانه اشاره می‌کند. پیکان و کادر آبی باز شدن کپسول را در طول دیوارهٔ کاذب، پیکان و کادر قرمز باز شدن کپسول را از نوک آن نشان می‌دهد. عکس از اشتاین و همکاران (۲۰۱۶).**

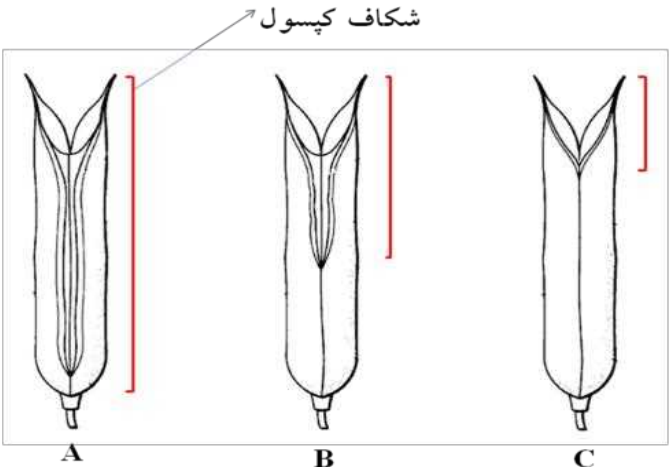
## ۲-۲- کپسول‌هایی با توانایی حفظ دانه

برای ایجاد مقاومت به ریزش دانه، کپسول‌های کنجد باید صفات خاصی داشته باشند (میائو[1] و همکاران، ۲۰۲۱). این صفات به روشی ارزیابی، اندازه‌گیری و امتیازدهی می‌شوند که در ادامه توضیح داده می‌شود. مهم‌ترین این صفات عبارت‌اند از:

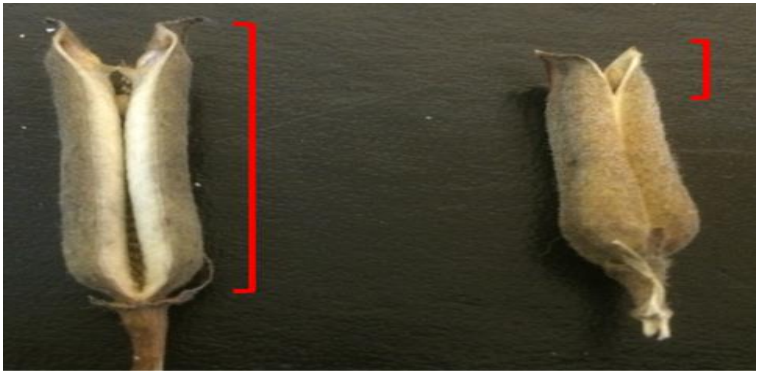
الف) امتیاز دهی بر اساس شکاف کپسول[2]

- تعریف: میزان شکاف وسط برچه‌ها[3] که بر اثر آن غشای روی بذرها نمایان می‌شود.
- روش اندازه‌گیری: از قاعده تا نوک محفظه بذر در طول شکاف بین برچه‌ها اندازه‌گیری می‌شود.
- شرح امتیازدهی: فقدان شکاف تا شکاف کامل با مقیاس صفر تا هشت بیان می‌شود که در این مقیاس‌بندی، امتیاز ۱ مربوط است به زمانی که شکاف تقریباً تا قاعدهٔ کپسول پیش رود، امتیاز ۴= شکاف تا نیمهٔ کپسول پیش می‌رود، ۷= به‌زحمت شکافی مشاهده می‌شود، ۸= فاقد شکاف (شکل‌های ۸ و ۹).
- امتیاز مناسب برای برداشت مکانیزه: ۱
- لازم است توضیح داده شود اگرچه این صفت برای حفظ دانهٔ درون کپسول مهم نیست ولی برای مرحلهٔ بعد یعنی آزادسازی دانه‌های درون کمباین مهم است.
- کپسول‌ها باید از دو طرف شکاف داشته باشند.

[1] Miao
[2] Capsule split
[3] Carpels




**شکل ۸. امتیاز دهی برای شکاف کپسول. کپسول A = ۱، کپسول B =٤ و کپسول C =۷. کپسول A مناسب برای برداشت مکانیزه. شکل از لانگهام (۲۰۰۰).**

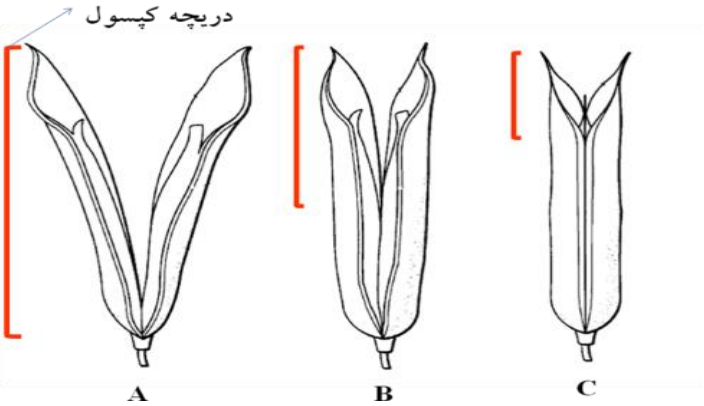


**شکل ۹. تفاوت شکاف کپسول در کپسول حساس به ریزش (سمت راست) و کپسول مقاوم به ریزش (سمت چپ). عکس از نویسندگان.**

ب) امتیازدهی بر اساس دریچهٔ کپسول[1] :

- تعریف: میزان بازشدن نوک کپسول به‌گونه‌ای که دانه‌ها یا حفره‌های درون برچه‌ها آشکار شوند.
- روش اندازه‌گیری: از نوک حفره در بالای کپسول تا جایی که کپسول باز شده است اندازه‌گیری می‌شود.
- شرح امتیازدهی: فاقد دریچه تا کاملاً بسته با مقیاس صفر تا هشت، ۱= دریچه تا قاعده کپسول امتداد دارد، ۴= دریچه تا وسط کپسول امتداد دارد، ۷= به‌زحمت دریچه‌ای دیده می‌شود، ۸= فاقد دریچه (شکل ۱۰، ۱۱ و ۱۲).
- امتیاز مناسب برای برداشت مکانیزه: ۷
- باز بودن نوک کپسول به مقدار مناسب اجازهٔ خروج رطوبت از کپسول و خشک شدن سریع‌تر دانه‌ها را می‌دهد. این ویژگی باعث می‌شود که پس از بارش باران محصول سریع‌تر آمادهٔ برداشت شود. با این حال اگر این دریچه خیلی باز باشد خسارت ریزش افزایش می‌یابد و اگر خیلی بسته باشد بذرها درون کپسول کپک می‌زنند و خروج آنها از کپسول در کمباین مشکل خواهد بود.

[1] Capsule opening




**شکل ۱۰. امتیازدهی برای دریچه کپسول. کپسول A =۱ ، کپسول B =٤ و کپسول C =۷ . کپسول C مناسب برای برداشت مکانیزه. شکل از لانگهام (۲۰۰۰).**

**شکل ۱۱. تفاوت اندازهٔ دریچهٔ کپسول حساس به ریزش (سمت راست) و کپسول مقاوم به ریزش (سمت چپ). عکس از نویسندگان.**

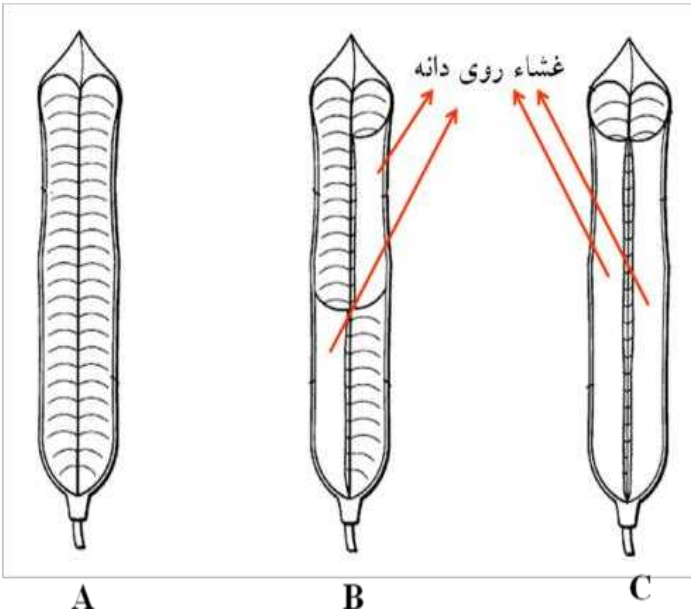
**شکل ۱۲. سمت چپ کپسول کاملا باز (امتیاز ۱ برای دریچه کپسول) و سمت راست کپسول کاملا بسته (امتیاز ۸ برای دریچه کپسول). هیچ‌یک برای برداشت مکانیزه مناسب نیست. عکس از نویسندگان.**

پ) امتیازدهی بر اساس پوشش غشای روی دانه[1] :

- تعریف: میزان گسترش غشای روی حفره‌های برچه.
- روش اندازه‌گیری: سطحی اندازه‌گیری می‌شود که دانه‌ها لخت‌اند و غشا روی آن‌ها را نپوشانده است.
- شرح امتیازدهی: غشای کامل تا فقدان غشا با مقیاس صفر تا هشت. صفر= بدون غشا، ۴= نیمی از غشا تشکیل شده است، ۷= غشا کامل است، ۸= غشا همۀ حفره برچه‌ها را پوشانده است و سوراخی دیده نمی‌شود (شکل‌های ۱۳ و ۱۴).
- امتیاز مناسب برای برداشت مکانیزه: ۷

[1] Capsule membrane completeness

- در هر دو کفهٔ کپسول غشاها باید کامل تشکیل شوند و تا حد ممکن پهن باشند به‌طوری‌که دو کفه کپسول را بپوشانند.
- اتصال بین غشاها باید به‌اندازهٔ کافی قوی باشد تا دو نیمه را تا زمان ورود به داخل کمباین متصل به یکدیگر نگه دارد. درعین‌حال اتصال باید به گونه‌ای باشد که بذرها به‌آسانی درون کمباین آزاد شوند.



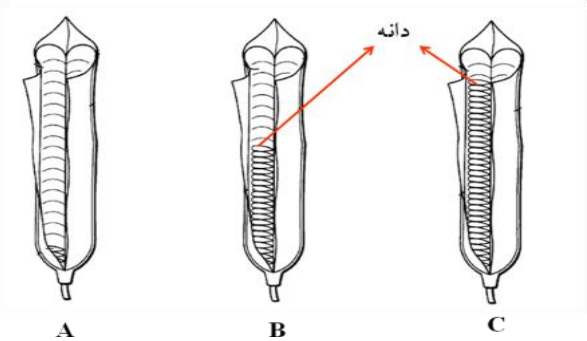

**شکل ۱۳. امتیاز دهی برای میزان پوشش غشا روی دانه‌ها. کپسول A =۰ (بدون پوشش غشا) ، کپسول B =٤ و کپسول C =۷ . کپسول C مناسب برای برداشت مکانیزه. شکل از لانگهام (۲۰۰۰).**

**شکل ١٤. وضعیت پوشش غشا روی دانه (با امتیاز ۷) در کپسول مقاوم به ریزش. عکس از نویسندگان.**

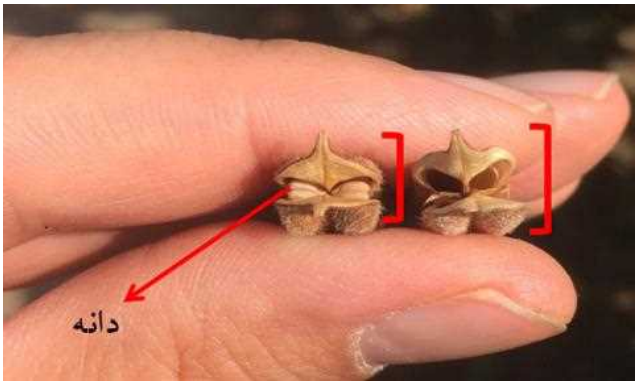
ت) امتیازدهی بر اساس فشردگی کپسول[1] :

- تعریف: مقدار فشردگی کپسول پس از خشک شدن.
- روش اندازه‌گیری: تعیین مقدار دانهٔ باقی‌مانده در کپسول زمانی که کپسول وارونه و چرخانده می‌شود.
- شرح امتیازدهی: فقدان فرورفتگی تا فرورفتگی مناسب با مقیاس صفر تا هشت، ۱= دانه کمی باقی می‌ماند، ۴= نیمی از دانه‌ها باقی می‌مانند، ۷= اکثر دانه‌ها باقی می‌مانند (شکل‌های ۱۵ و ۱۶).
- امتیاز مناسب برای برداشت مکانیزه: ۴ تا ۵
- این صفت باعث اتصال محکم دانه‌ها در جایگاه خود در درون کپسول می‌شود.
- اگر مقدار این صفت کم باشد دانه‌ها خیلی راحت آزاد و از کپسول بیرون ریخته می‌شوند و اگر خیلی زیاد باشد آزادسازی دانه درون کمباین مشکل خواهد بود.

[1] Capsule constriction




**شکل ۱۵. امتیاز دهی برای فشردگی کپسول بر اساس مقدار دانهٔ باقی مانده در کپسول پس از وارونه سازی و چرخش کپسول. کپسول A =۱ (حداقل نگهداری دانه)، کپسول B =٤ و کپسول C =۷. شکل از لانگهام (۲۰۰۰).**



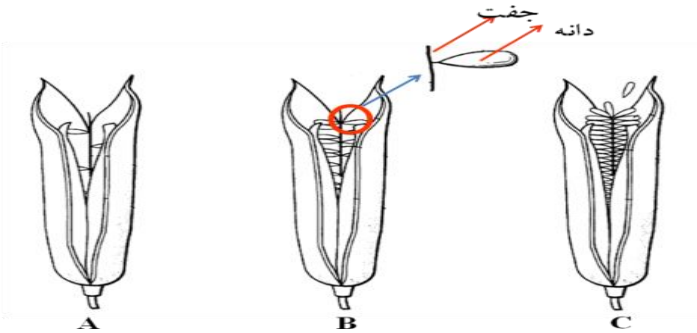

**شکل ١٦. تفاوت فشردگی در کپسول حساس به ریزش (سمت راست) و کپسول مقاوم به ریزش (سمت چپ). عکس از نویسندگان.**

ث) امتیازدهی بر اساس اتصال دانه به محور جفت[1]:

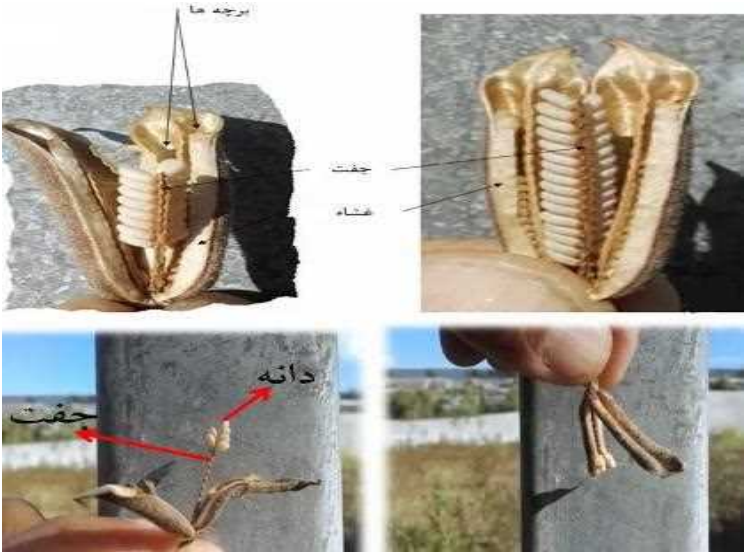
- تعریف: میزان چسبندگی دانه‌ها به محور جفت.

[1] Capsule placenta attachment

- روش اندازه‌گیری: تعیین مقدار دانه باقی‌مانده در کپسول زمانی که کپسول وارونه و چرخانده می‌شود.
- شرح امتیازدهی: اتصال ضعیف تا قوی با مقیاس صفر تا هشت، ۱= اتصال ضعیف، ۴= برخی دانه‌ها چسبیده به جفت، ۷= اتصال خوب دانه‌ها به جفت (شکل‌های ۱۷ و ۱۸).
- امتیاز مناسب برای برداشت مکانیزه: ۷
- در ارقام حساس به ریزش، دانه‌ها از محل جفت می‌افتند ولی در ارقام مقاوم به ریزش متصل به آن باقی می‌مانند.
- لازم است اتصال به جفت به قدری قوی باشد که بتواند از ریزش دانه جلوگیری کند و در مقابل در کمباین به هنگام آزادسازی دانه مشکلی ایجاد نکند.




**شکل ۱۷. امتیازدهی برای اتصال دانه به محور جفت. کپسول A =۱ (اتصال ضعیف) ، کپسول B =٤ و کپسول C =۷ . کپسول C مناسب برای برداشت مکانیزه. شکل از لانگهام (۲۰۰۰).**

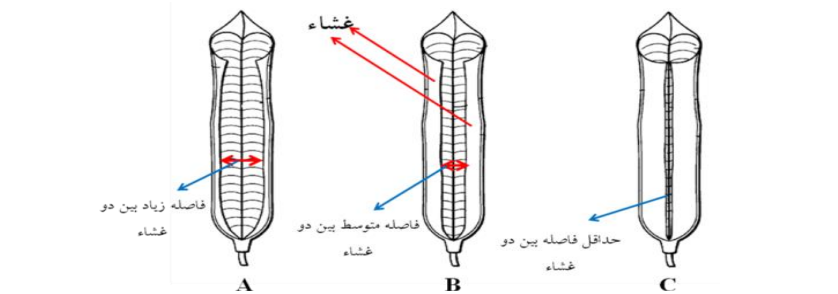



**شکل ۱۸. اتصال مناسب دانه به جفت در کپسول مقاوم به ریزش. عکس از نویسندگان.**

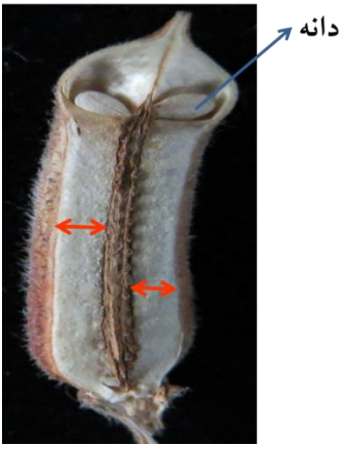
ج) امتیازدهی بر اساس اتصال غشا به محور جفت[1] :

- تعریف: در ارقام مقاوم به ریزش، غشا تا مجاورت جفت امتداد یافته است در حالی که در ارقام غیر مقاوم فاصله‌ای بین دو غشا تا جفت قابل مشاهده است.
- روش اندازه‌گیری: اندازه‌گیری فاصله بین دو غشا در یک کفهٔ کپسول.
- شرح امتیازدهی: فاصلهٔ کم تا زیاد بین لبهٔ غشا و جفت با مقیاس صفر تا هشت، صفر= بدون غشا، ۱= فاصله زیاد، ۴= فاصله متوسط، ۷= فاصله کم (شکل‌های ۱۹ و ۲۰).
- امتیاز مناسب برای برداشت مکانیزه: ۵ تا ۸
- اتصال بین دو لایهٔ غشا باید به‌گونه‌ای باشد که دانه‌ها را پس از خشک شدن کامل مزرعه درون کپسول نگه دارد و درعین‌حال باید آن‌قدر ضعیف باشد که درون کمباین به‌راحتی شکسته شود و دانه‌ها آزاد شوند.

[1] Capsule membrane attachment




**شکل ۱۹. امتیازدهی برای اتصال غشا به محور جفت. کپسول A =۱، کپسول B =٤ و کپسول C =۷. کپسول C مناسب برای برداشت مکانیزه. شکل از لانگهام (۲۰۰۰).**




**شکل ۲۰. امتداد کامل غشاها (پیکان‌های قرمز) تا محور جفت در کپسول مقاوم به ریزش. عکس از نویسندگان.**

دو صفت دیگر یعنی خمیده‌نبودن نوک کپسول[1] ( شکل ۲۱) و کپسول‌های چسبیده به ساقه[2] ، که در آن حالت زاویۀ کپسول با ساقه کم است (شکل ۲۲)، نیز در ایجاد مقاومت به ریزش مهم هستند اما این صفات در بیشتر ارقام و ژنوتیپ‌های داخلی وجود دارند.

[1] Tip roll-back
[2] Appressed

**شکل ۲۱. کپسول A دارای خمیدگی نوک کپسول در زمان خشک شدن (نامناسب برای برداشت مکانیزه)، کپسول B بدون خمیدگی نوک کپسول ولی فاقد ویژگی‌های مقاومت به ریزش (نامناسب برای برداشت مکانیزه) و کپسول C بدون خمیدگی نوک کپسول و دارای ویژگی‌های مقاومت به ریزش (مناسب برای برداشت مکانیزه). عکس از نویسندگان.**

**شکل ۲۲. رقم حساس به ریزش اولتان (سمت راست) و ارقام مقاوم به ریزش (سمت چپ)، در تمامی ارقام زاویه کپسول‌ها با محور ساقه کم است. عکس سمت راست از نویسندگان و عکس سمت چپ از سیاهپوش و همکاران (۱۴۰۲).**

## ۲-۳- کمی سازی شدت ریزش دانه

شرکت سیساکو شاخص تی- کی- تو[1] را برای ارزیابی میزان مقاومت به ریزش دانه در کنجد معرفی کرده است (صادقی گرمارودی و همکاران، ۱۴۰۱). این شاخص که عددی سه رقمی است، بیانگر قدرت نگهداری دانه درون کپسول است و هر رقم آن از صفر تا هشت متغیر است. برای محاسبه شاخص تی- کی- تو سه نوع امتیازدهی به شرح زیر باید بشود.

الف) باقی‌ماندن دانه درون کپسول به‌صورت ایستاده[2]. میزان دانهٔ باقی‌مانده در کپسول خشک در شرایط مزرعه.

ب) نگهداری دانه درون کپسول در حالت وارونه[3]. میزان دانه‌ای که در کپسول خشک بعد از وارونه کردن و چرخاندن آن وجود دارد.

ج) معیار دریچه نوک کپسول. میزان بازشدن نوک کپسول به‌گونه‌ای که دانه‌ها یا حفره‌های درون برچه‌ها آشکار شوند.

مراحل و روش اندازه گیری شاخص تی- کی- تو به شرح زیر است.

۱. هنگامی که گیاهان خشک شدند، یک کپسول از قسمت مرکزی گیاه روی ساقهٔ اصلی را به آرامی جدا کنید و به صورت عمودی نگه دارید.

۲. کپسول را با احتیاط از وسط باز و به دو قسمت تقسیم کنید.

۳. تعداد دانه‌ها در کپسول را بررسی کنید و از صفر تا هشت بر اساس مقدار دانه موجود در کپسول امتیاز دهید. صفر= کپسول بدون دانه، ۱= مقدار بسیار کمی دانه، ۴= نیمی از کپسول دانه دارد، ۷= قسمت زیادی از کپسول دانه دارد، ۸= کپسول پر از دانه است (شکل ۲۳).

---

[1] TI/KE/TO

[2] Upright seed retention

[3] Inverted seed retention

۴. مرحله سه را برای سه کپسول در سه گیاه (در مجموع برای هر کرت یا جمعیت، نه کپسول) تکرار کنید و میانگین را ثبت کنید این امتیاز TI است.
۵. مرحله یک را تکرار کنید و این بار کپسول را برعکس کنید و تکان دهید.
۶. کپسول را از وسط به آرامی باز و به دو قسمت تقسیم کنید.
۷. مطابق با مرحله سه، امتیازدهی شود. در هر کرت یا جمعیت نه امتیاز ثبت کنید و میانگین آن‌ها را به عنوان KE ثبت کنید.
۸. برای هر کپسولی که امتیاز TI و KE ثبت می‌شود بر اساس مقدار باز بودن نوک کپسول امتیاز TO را نیز ثبت کنید و میانگین بگیرید. ۱= کپسول کاملا از بالا تا پایین باز شده است. ۴= نیمی از کپسول باز شده است. ۷= نوک کپسول باز شده است. ۸= کپسول کاملا بسته است (شکل ۱۱).

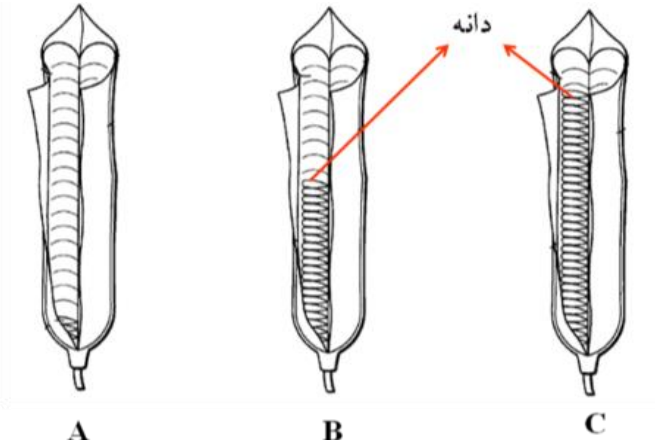
هر سه رقم شاخص تی- کی- تو برای ارزیابی مقاومت به ریزش دانه لازم هستند ولی مقیاس KE (رقم وسط) مهم‌ترین آنها برای تعیین مناسب بودن برای برداشت مکانیزه است. همچنین مناسب خواهد بود اندازه‌گیری‌ها در چهار مرحله به شرح زیر دنبال شود.

مرحلهٔ اول. زمانی که گیاه خشک می‌شود.

مرحلهٔ دوم. دو هفته بعد از خشک‌شدن گیاه اگر شرایط آب‌وهوایی مساعد باشد.

مرحلهٔ سوم. یک هفته بعد از شرایط نامساعد آب و هوایی.

مرحلهٔ چهارم. یک ماه بعد از خشک‌شدن و شرایط آب و هوایی نامساعد طولانی‌مدت.




**شکل ۲۳. معیاری برای امتیازدهی شاخص تی- کی- تو. کپسول A =۱ (حداقل نگهداری دانه) ، کپسول B =٤ و کپسول C =۷. شکل از لانگهام (۲۰۰۰).**

جدول ۲ نتایج شاخص تی- کی- تو را برای تعدادی از ارقام داخلی و ژنوتیپ وارداتی مقاوم به ریزش ارائه می‌دهد.

**جدول ۲. شاخص تی- کی- تو برای ارزیابی مقاومت به ریزش دانۀ ارقام داخلی و ژنوتیپ وارداتی**

| رقم | TI | KE | TO | شاخص تی- کی- تو |
|---|---|---|---|---|
| اولتان | ۳ | ۲ | ۳ | ۳۲۳ |
| داراب ۱ | ۳ | ۲ | ۲ | ۲۲۲ |
| دشتستان ۲ | ۳ | ۱ | ۲ | ۳۱۲ |
| ژنوتیپ مقاوم به ریزش | ۷ | ۷ | ۶ | ۷۷۶ |

مرحلۀ اندازه‌گیری: دو هفته بعد از خشک شدن گیاه.

داده‌ها از نویسندگان.

جدول ۳ شاخص تی- کی- تو مورد نیاز را برای روش‌های مختلف برداشت کنجد نشان می‌دهد.

**جدول ۳. رابطهٔ شاخص تی- کی- تو و روش برداشت**

| روش برداشت مکانیزه | شاخص تی- کی- تو مورد نیاز |
|---|---|
| بسته‌بندی: شامل دروکردن بوته‌ها (با ماشین یا دست)، بسته‌بندی بوته‌ها و خرمنکوبی با کمباین | تی= بزرگتر از ۴<br>کی= بزرگتر از ۳<br>تو= بزرگتر از ۴ |
| دو مرحله‌ای: شامل دروکردن بوته‌ها، رها کردن بوته‌ها تا خشک شدن و خرمنکوبی با کمباین | تی= بزرگتر از ۴<br>کی= بزرگتر از ۴<br>تو= بزرگتر از ۴ |
| مستقیم: اجرای تمام مراحل برداشت با کمباین | تی= بزرگتر از ۶<br>کی= بزرگتر از ۶<br>تو= بزرگتر از ۴ |

لانگهام و همکاران (۲۰۱۰)

لانگهام (۲۰۱۳) نیز به شرح مراحل زیر روش دیگری را برای ارزیابی مقاومت به ریزش دانه پیشنهاد کرده است.

۱. برداشت دو کپسول از وسط ساقهٔ اصلی از پنج گیاه زمانی که گیاهان به مرحلهٔ رسیدگی فیزیولوژیک رسیده‌اند. رسیدگی فیزیولوژیک در کنجد نیز بدین ترتیب تعریف می‌شود که حداقل ۷۵ درصد از دانه‌ها در ساقهٔ اصلی بوته تغییر رنگ داده و به رنگ اصلی خود درآمده باشند. در بعضی ارقام از جمله در ژنوتیپ مقاوم به ریزش در دانه‌های رسیده، خطی در یک طرف دانه دیده می‌شود و نوک دانه تیره شده است (شکل ۲۴). برای ارقام سه کپسولی، یک کپسول مرکزی و یک کپسول کناری انتخاب شود.

**شکل ٢٤. دانۀ رسیده که در یک طرف آن خطی قابل مشاهده است (پیکان‌های قرمز). عکس از نویسندگان.**

۲. کپسول‌ها را در ظرفی قرار دهید تا خشک شوند در ضمن تمام دانه‌ها حفظ شوند.

۳. پس از خشک شدن، کپسول‌ها را برعکس کنید و اجازه دهید دانه‌ها خارج شوند.

۴. دانه‌های خارج شده از کپسول و دانه‌های مانده در کپسول را جداگانه وزن کنید. نسبت دانه‌های باقی مانده در کپسول را محاسبه کنید.

دسته بندی کپسول‌ها بر اساس معیار لانگهام به شرح زیر است:

- کپسول‌های بسیار ریزان، حفظ کمتر از ۲۵ درصد دانه‌ها، نامناسب برای برداشت مکانیزه.
- کپسول‌های ریزان، حفظ بیشتر از ۲۵ درصد و کمتر از ۵۰ درصد دانه‌ها، نامناسب برای برداشت مکانیزه.
- کپسول‌های نیمه مقاوم به ریزش، حفظ ۵۰ تا ۷۵ درصد دانه‌ها، نامناسب برای برداشت مکانیزه.
- کپسول‌های مقاوم به ریزش، حفظ بیشتر از ۷۵ درصد دانه‌ها، مناسب برای برداشت مکانیزه.

جدول ۴ نتایج شاخص لانگهام را برای تعدادی از ارقام داخلی و ژنوتیپ وارداتی مقاوم به ریزش ارائه می‌دهد.

**جدول ٤. شاخص لانگهام برای ارزیابی مقاومت به ریزش دانه ارقام داخلی و ژنوتیپ وارداتی**

| رقم | درصد حفظ بذر | نوع کپسول |
|---|---|---|
| اولتان | ۳۴ | ریزان |
| داراب ۱ | ۲۲ | بسیار ریزان |
| دشتستان ۲ | ۳۱ | ریزان |
| ژنوتیپ مقاوم به ریزش | ۸۹ | مقاوم به ریزش |

زمان اندازه گیری، مرحله رسیدگی فیزیولوژیک

داده‌ها از نویسندگان.

## ۳. ارقام داخلی کنجد مقاوم به ریزش

پیشتر اشاره شد که پس از ورود بذر ژنوتیپ مقاوم به ریزش به کشور، یک برنامه بهنژادی از سال ۱۳۹۷ در شرکت کشت و صنعت شهید رجایی و دانشگاه شهید چمران اهواز به روش کلاسیک طی هفت سال با هدف تولید، ثبت و تجاری‌سازی ارقام داخلی کنجد مقاوم به ریزش در کشور طراحی و اجرا گردید. جزییات این برنامهٔ بهنژادی را سیاهپوش و همکارن (۱۴۰۲) تشریح کرده‌اند. پس از اتمام این برنامهٔ تحقیقاتی، لاین‌های امیدبخش کنجد مقاوم به ریزش به‌دست آمده به‌نام‌های پیشنهادی برکت، مهاجر، چمران و دزفول به‌منظور ثبت و تجاری‌سازی به مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال کشور ارائه گردیدند (شکل ۲۲). این لاین‌ها پس از گذراندن موفقیت‌آمیز آزمون‌های یکنواختی، تمایز و پایداری[1] و تعیین ارزش زراعی و مصرف[2] در چهار منطقهٔ مختلف کشور یعنی دزفول، مغان، داراب و گرگان و طی دو سال زراعی، مجوز ثبت و تجاری‌سازی را با مشخصات جدول ۵ دریافت کردند. نتایج آزمون‌های یکنواختی، تمایز و پایداری و تعیین ارزش زراعی و مصرف این ارقام نیز در جدول‌های ۶ و ۷ ارائه شده است.

[1] Distincness Uniformity and stability (DUS)
[2] Value of Cultivation and Use (VCU)

**جدول ۵. ویژگی‌های ثبتی ارقام کنجد مقاوم به ریزش در ایران**

| نام رقم | محل اصلاح | روش اصلاح | سال معرفی | شماره ثبت | نام بهنژادگر |
|---|---|---|---|---|---|
| برکت | ایران، دزفول | انتخاب لاین خالص از توده متفرق | ۱۴۰۲ | ۵۸۰۶/۲۵۳ | محمدرضا سیاهپوش و کشت و صنعت شهید رجایی |
| مهاجر | ایران، دزفول | انتخاب لاین خالص از توده متفرق | ۱۴۰۲ | ۵۸۰۵/۲۵۳ | محمدرضا سیاهپوش و کشت و صنعت شهید رجایی |
| چمران | ایران، دزفول | انتخاب لاین خالص از توده متفرق | ۱۴۰۲ | ۵۸۰۹/۲۵۳ | محمدرضا سیاهپوش و کشت و صنعت شهید رجایی |
| دزفول | ایران، دزفول | انتخاب لاین خالص از توده متفرق | ۱۴۰۲ | ۵۸۰۸/۲۵۳ | محمدرضا سیاهپوش و کشت و صنعت شهید رجایی |

**جدول ٦. ویژگی‌های ارقام معرفی شدهٔ مقاوم به ریزش کنجد بر اساس آزمون یکنواختی، تمایز و پایداری**

| | ارقام | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **برکت** | **مهاجر** | **چمران** | **دزفول** |
| **الگوی رشد** | نامحدود | نامحدود | نامحدود | نامحدود |
| **تیپ شاخه‌دهی** | چندشاخه | بدون شاخه یا تعداد محدود | چندشاخه | چندشاخه |
| **موقعیت تشکیل شاخه‌ها** | پایین بوته | اواسط بوته | پایین بوته | پایین بوته |
| **تعداد جفت گره از زمین تا اولین گل** | متوسط | متوسط | متوسط | متوسط |
| **طول برگ** | بلند | بلند | بلند | کوتاه |
| **عرض برگ** | متوسط | پهن | متوسط | باریک |
| **تعداد گل در زاویه برگ** | بیشتر از ۱ | بیشتر از ۱ | بیشتر از ۱ | بیشتر از ۱ |
| **رنگ گل** | صورتی | صورتی | صورتی | صورتی |
| **تعداد برچه در کپسول** | بیشتر از ۲ | بیشتر از ۲ | بیشتر از ۲ | بیشتر از ۲ |
| **طول کپسول** | متوسط | بلند | متوسط | بلند |
| **رنگ دانه** | سفید | سفید | قهوه ای مایل به زرد | سفید |
| **زمان آغاز گلدهی** | زود | متوسط | زود | زود |

**جدول ۷. ویژگی‌های ارقام مقاوم به ریزش کنجد بر اساس آزمون تعیین ارزش زراعی و مصرف**

| | ارقام | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | برکت | مهاجر | چمران | دزفول | اولتان* | شوین* |
| **ارتفاع (سانتی‌متر)** | ۱۴۵ | ۱۴۰ | ۱۴۴ | ۱۴۲ | ۱۶۶ | ۱۵۵ |
| **تعداد شاخهٔ فرعی** | ۲/۵ | ۲ | ۱ | ۲/۵ | ۳/۱ | ۱ |
| **ارتفاع اولین کپسول از سطح زمین** | ۶۰ | ۴۸ | ۵۳ | ۵۴ | ۷۸ | ۸۴ |
| **تعداد کپسول در بوته** | ۷۳ | ۸۱ | ۹۰ | ۸۸ | ۷۴ | ۸۶ |
| **تعداد دانه در کپسول** | ۷۲ | ۷۲ | ۶۸ | ۶۹ | ۶۵ | ۶۲ |
| **وزن هزار دانه (گرم)** | ۲/۶ | ۲/۶ | ۲/۷ | ۲/۴ | ۲/۷ | ۲/۶ |
| **تعداد روز تا رسیدگی** | ۱۱۹ | ۱۱۷ | ۱۱۸ | ۱۱۸ | ۱۱۴ | ۱۳۲ |
| **عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)** | ۱۰۷۷ | ۱۰۸۰ | ۱۰۶۵ | ۶۹۰ | ۹۵۷ | ۷۶۵ |
| **درصد روغن دانه** | ۴۸ | ۴۷/۵ | ۴۸/۲ | ۴۷/۵ | – | ۵۱ |

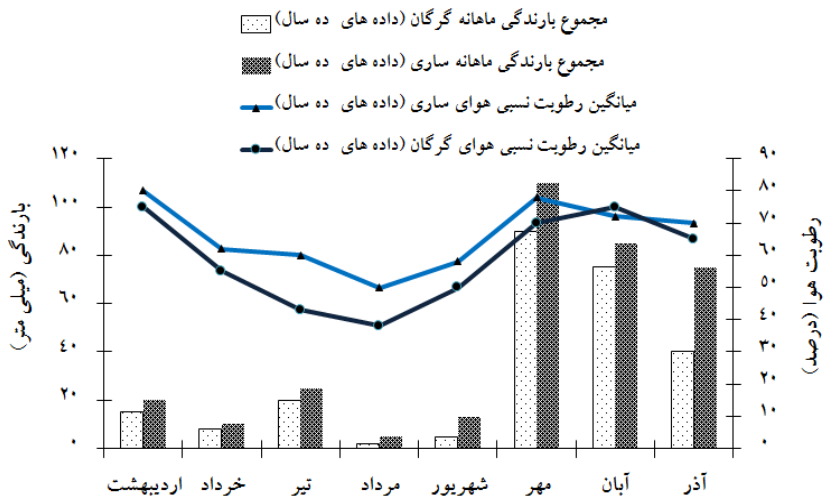
داده‌ها به نقل از سیاهپوش و همکاران (۱۴۰۲)، هر داده میانگین چهار منطقه در دو سال است.

* دو رقم اولتان و شوین از ارقام داخلی حساس به ریزش هستند که به عنوان شاهد بررسی شده‌اند.

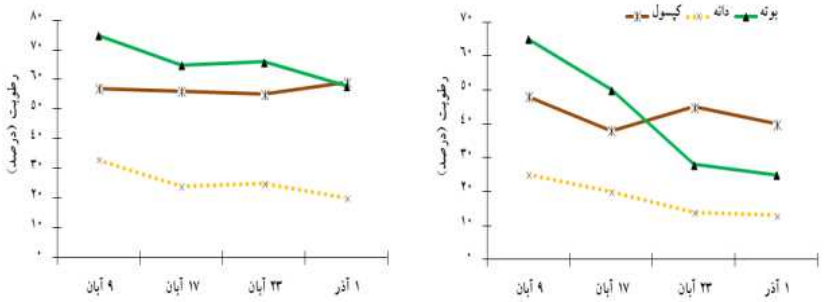
## ٤. برداشت مکانیزۀ کنجد

### ٤-١- روش‌های برداشت مکانیزه

به طور کلی دو روش متفاوت برای برداشت مکانیزۀ کنجد وجود دارد، یکی برداشت دو مرحله‌ای یا غیرمستقیم (دروکردن بوته‌ها و پس از خشک شدن، خرمن‌کوبی آن‌ها) و دیگری برداشت مستقیم با کمباین (رزاقی، ۱۴۰۳ الف). اگرچه اولویت با برداشت مستقیم برای حصول حداکثر عملکرد با کمترین میزان هزینه، وقت و انرژی است اما در مواقعی که وضعیت اقلیمی آخر فصل برای خشک شدن بوته‌ها در مزرعه مناسب نباشد، مانند اقلیم‌های سرد و مرطوب، از برداشت دو مرحله‌ای استفاده می‌شود. برای مثال، کنجد در استان گلستان و مازندران در بازۀ زمانی اواخر اردیبهشت تا اواسط خرداد ماه کشت می‌شود (غلامحسینی و همکاران، ۱۴۰۲پ). اگر ارقام مقاوم به ریزش در این استان کشت شوند که در برداشت مستقیم نیاز به خشک شدن کامل بوته دارند، زمان برداشت به بارندگی‌های مکرر پاییزه و رطوبت بالای محیط برخورد خواهد کرد (شکل ۲۵)، در این شرایط علاوه بر اینکه بوته‌ها خشک نمی‌شوند ادوات برداشت نیز امکان فعالیت در مزرعه را ندارند. بنابراین، در این مناطق لازم است از برداشت دو مرحله‌ای استفاده شود. در این روش برداشت روند خشک شدن بوته‌ها سریع‌تر خواهد بود (شکل ۲۶) و مزرعه نیز زودتر برای کشت بعد آزاد می‌شود.




**شکل ۲۵. شرایط اقلیمی در دورهٔ رشد کنجد در گرگان استان گلستان و ساری استان مازندران. به مقادیر بالای بارندگی و میزان رطوبت هوا در ماه‌های آبان و آذر توجه کنید که مصادف است با برداشت مستقیم کنجد. تا زمانی که رطوبت هوا بالای ۵۰ درصد است بوته های کنجد شروع به خشک شدن نمی‌کنند. داده‌ها از ایستگاه هواشناسی گرگان و ساری، تنظیم شکل از نویسندگان.**




**شکل ۲۶. روند تغییر رطوبت طبیعی بوته، کپسول و دانهٔ بوته‌های کنجد مستقر در زمین به منظور برداشت مستقیم (تصویر سمت چپ)، و بوته‌های برداشت شده در برداشت دو مرحله‌ای (تصویر سمت راست) در شرایط گرگان، استان گلستان. رزاقی (۱۴۰۳ ب).**

## ٤-٢- تعیین زمان برداشت

تعیین زمان دقیق برداشت کنجد به صورتی که بیشترین عملکرد و کیفیت محصول حاصل شود مشکل است. اگر گیاهان زود برداشت شوند به دلیل وجود دانه‌های نابالغ که مربوط کپسول‌های انتهایی گیاه هستند،کمیت وکیفیت محصول برداشت شده کاهش خواهد یافت و اگر گیاهان دیر برداشت شوند، حتی در ارقام مقاوم به ریزش، امکان از دست دادن مقداری از عملکرد در اثر ریزش وجود دارد (غلامحسینی و همکارن، ۱۴۰۲ت). علاوه بر این، تاخیر در برداشت می‌تواند به دلیل افزایش رطوبت دانه‌ها کیفیت محصول را نیز کاهش دهد. به عبارت دیگر، از اولین زمانی که محصول آمادۀ برداشت است، تاخیر در برداشت به هر دلیلی به‌ویژه شرایط نامساعد آب‌وهوایی می‌تواند عملکرد کمی و کیفی را کاهش دهد. به طور کلی باید بر اساس روش برداشت مکانیزه زمان بهینه برداشت محصول تعیین شود.

زمان مناسب برداشت دو مرحله‌ای، با نمونه‌برداری از قسمت میانی ساقۀ اصلی و تعیین درصد دانه‌هایی مشخص می‌شود که کامل رسیده‌اند. دانه‌های کنجد زمانی کامل رسیده‌اند که رنگ نهایی خود را نشان دهند و دارای یک نوک تیره (ناف) باشند. دانه‌های رسیده ممکن است حاوی یک خط قابل مشاهده در طول دانه باشند (شکل ۲۴). در روش برداشت دو مرحله‌ای، بوته‌ها از نظر شکل ظاهری دارای نیمۀ پایینی زرد و نیمۀ بالایی سبز مایل به زرد هستند (شکل ۲۷). در این زمان برداشت، دانه‌های باقیمانده که هنوز به مرحلۀ رسیدگی نرسیده‌اند پس از دروشدن همچنان به رسیدگی خود ادامه می‌دهند و قوۀ نامیه هم خواهند داشت. برداشت در این زمان، فرایند خشک شدن بوته‌ها را تسریع می‌کند. علاوه بر این، افت عملکرد نیز ناشی از دانه‌های نارس ناچیز است. بنابراین، در تعیین زمان برداشت دو مرحله‌ای درصد دانه‌های رسیده اهمیت دارد.

**شکل ۲۷. زمان مناسب برای دروکردن بوته‌ها در برداشت دو مرحله‌ای. عکس از نویسندگان.**

در برداشت مستقیم با کمباین (همچنین مرحلهٔ خرمن‌کوبی در برداشت دو مرحله‌ای)، بوته‌های کنجد زمانی برای برداشت آماده هستند که رطوبت دانه‌ها به شش درصد رسیده باشد. برداشت در این زمان جداشدن دانه‌ها را از کپسول‌ها در کمباین آسان می‌کند. علاوه بر این، باید توجه کرد که دانه‌های کنجد بعد از برداشت به‌خوبی خشک نمی‌شود از این رو برداشت زودهنگام در روش برداشت مستقیم هزینه‌های خشک‌کردن را بالا می‌برد و بهتر است کنجد اندکی دیرتر و در زمان مناسب برداشت شود. برای تعیین میزان رطوبت دانه‌ها می‌توان از ابزار رطوبت‌سنج دانه استفاده کرد که در بازار در دسترس است (شکل ۲۸). در هنگام استفاده از این وسیله لازم است نمونه‌برداری و درصد رطوبت دانه در نقاط مختلف مزرعه (حداقل چهار نقطه) تعیین شود. زمان مناسب برداشت را حتی بدون تجهیزات می‌توان در مزرعه تخمین زد. زمانی که کپسول‌ها آن‌قدر خشک شوند که به‌راحتی بین انگشتان شکسته شوند، میزان رطوبت دانه‌ها به حد مناسب برداشت مستقیم رسیده است. برای اطلاع‌یافتن از زمان مناسب برداشت، لازم است رطوبت بوته‌ها در مزرعه به صورت مدوام بررسی شود. نمونه‌برداری از قسمت کاملاً خشک شده مزرعه به‌منظور تعیین رطوبت

محصول و برداشت کل مزرعه که شامل قسمت‌های سبز یا کمتر خشک شده می‌شود، افت کمی و کیفی محصول را به دنبال دارد. بنابراین، اگر رطوبت قسمت‌های مختلف مزرعه از نظر رطوبت دانه همگن نیست باید برداشت در چند روز ادامه یابد یا اگر مساحت مزرعه کم است تا زمانی که میانگین رطوبت مزرعه در تمام قسمت‌های آن به حد مطلوب شش درصد رطوبت دانه نرسیده است، برداشت شروع نشود (شکل ۲۹).

**شکل ۲۸. یک نمونه از انواع رطوبت‌سنج موجود در بازار که قابلیت اندازه‌گیری رطوبت دانه‌های کنجد را نیز دارد.**

**شکل ۲۹. نمای ظاهری مزرعه و کپسول کنجد مقاوم به ریزش رقم چمران آماده برای برداشت مستقیم (یک مرحله‌ای). عکس از شرکت کشت و صنعت شهید رجایی، دزفول، سال ۱۴۰۲.**

نکتهٔ دیگر آنکه وقتی شبنم شکل می‌گیرد (شب‌های مرطوب و سرد)، دمای نقطهٔ شبنم

باید ثبت شود و هنگامی که اطمینان به‌دست آمد رطوبت حاصل از شبنم تبخیر شده است، برداشت آغاز شود. در صورت افت شدید دما و پس از یخ زدگی مزرعه، بوته‌های کنجد قهوه‌ای‌شده ظاهری شبیه به بوته‌های خشک شده پیدا می‌کنند با این حال ساقه‌ها هنوز مرطوب هستند و مزرعه آماده برداشت نخواهد بود. با استفاده از نشانه‌های زیر نیز می‌توان تشخیص داد که مزرعهٔ کنجد به اندازهٔ کافی خشک و آمادهٔ برداشت هست یا نه:

- در زمان خشک شدن کامل بوته‌های کنجد، در اثر وارد کردن نیرو به ساقه، ساقه خم نمی‌شود بلکه شکسته می‌شود.
- اگر رطوبت بوته‌ها در زمان برداشت مناسب باشد می‌توان گرد و خاک بلند شده از کمباین در هنگام برداشت را مشاهده کرد (شکل ۳۰).
- دانه‌های کنجد در رطوبت مناسب هنگام ریزش درون مخزن کمباین پخش می‌شوند و زاویه تخلیه آنها کم است در حالی که دانه‌های با رطوبت بالا به صورت تپه‌ای قرار می‌گیرند و در مخزن به خوبی پخش نمی‌شوند (رزاقی، ۱۴۰۳ب).
- اگر بوته‌های کنجد در رطوبت مناسب برداشت شوند صدایی که از داخل کمباین به گوش می‌رسد معمولی است در حالی که برداشت بوته‌های مرطوب باعث افزایش صدای داخل کمباین می‌شود.

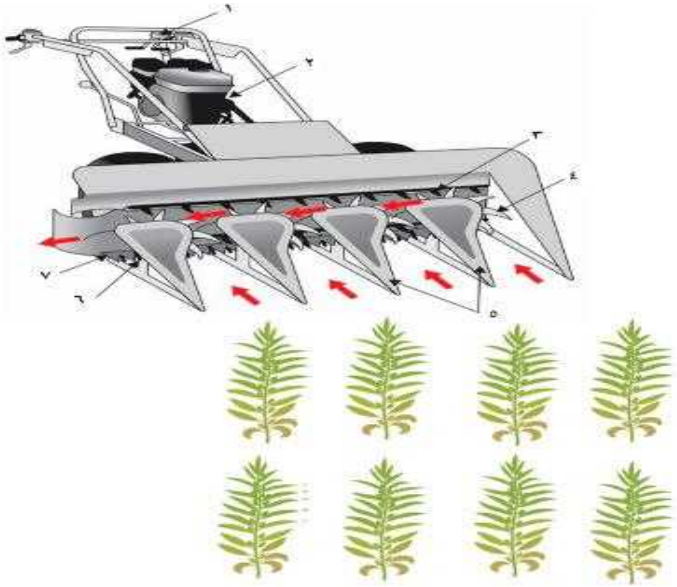
**شکل ۳۰. وجود گرد و غبار در دماغه کمباین در حال کار حاکی از درصد رطوبت مناسب بوته‌ها و زمان صحیح برداشت است. عکس از لانگهام و همکاران (۲۰۱۰).**

باید توجه داشت وجود علف‌های هرز در مزرعه، رسیدن به میزان رطوبت مطلوب را برای برداشت مستقیم با مشکل مواجه می‌کند. علف‌های هرز سبز همراه با بوته‌های کنجد وارد کمباین می‌شوند و رطوبت آنها سبب افزایش رطوبت دانه‌ها می‌شود. بنابراین، حذف بوته‌های آبدار ناخواسته و گیاهان سبز در مزرعه پیش از برداشت مکانیزه ضروری است. در کشورهای مختلف جهان ترکیبات شیمیایی مختلفی به عنوان کمک کننده به برداشت برای تسریع در خشک شدن محصول کنجد در مزرعه معرفی شده است (رزاقی، ۱۴۰۳ الف; گریچار[1] و همکاران، ۲۰۲۰). لازم است تاکید شود تاکنون هیچ مادهٔ خاصی بدین منظور در ایران ثبت و معرفی نشده است و از آن جا که ممکن است مقداری از این مواد شیمیایی درون دانه کنجد باقی بماند و اثر منفی بر سلامت مصرف‌کننده داشته باشند توصیه می‌شود تا قبل از ثبت قانونی و رسمی این ترکیبات، از مصرف مواد شیمیایی (مانند سموم علف‌کش) برای تسریع در خشک شدن مزرعه خودداری شود.

[1] Grichar

## ٤-٣- برداشت دو مرحله‌ای کنجد

در این روش، بوته‌ها در زمان مناسب از زیر پایین‌ترین کپسول توسط ماشین درو می‌شوند. برای بریدن گیاه کنجد، تعداد زیادی ادوات مکانیکی با درجه‌های متفاوتی از سرعت و سهولت اجرای کار در دسترس هستند. دروگرها از متداول‌ترین این ادوات هستند (شکل ۳۱). محصول پس از درو شدن به صورت دسته در می‌آید و در مزرعه یا مکان مشخصی که حتی‌المقدور خشک، مسطح و دور از خطر بارندگی باشد خرمن می‌شود. پس از خشک شدن خرمن و رسیدن رطوبت دانه ها به شش درصد ، می‌توان از خرمن‌کوب ثابت یا کمباین غلات به صورت در جا برای جداسازی دانه از کاه و کلش استفاده کرد (شکل ۳۲).



**شکل ۳۱. دروگر معمولی مناسب برای برداشت دو مرحله‌ای کنجد. ۱: سیستم کلاچ، ۲: موتور، ۳: تسمهٔ انتقال، ٤: چرخ ستاره‌ای، ٥: تقسیم کننده، ٦: میلهٔ هادی، ۷: میلهٔ برش. پیکان قرمز: مسیر بوته. شکل از نویسندگان.**

**شکل ۳۲. برداشت دو مرحله‌ای کنجد شامل دروشدن، خشک شدن بوته‌ها و خرمنکوبی. عکس-ها از کایلاشکومار (۲۰۲۱).**

## ٤-٤- برداشت مستقیم یا یک مرحله‌ای کنجد

علاوه بر ویژگی‌های کپسول که به طور مستقیم بر امکان برداشت مستقیم کنجد با کمباین تاثیرگذار است و در قسمت‌های قبل گفته شده است، صفات دیگری نیز وجود دارند که در برداشت مستقیم کنجد موثر هستند. به عبارت دیگر اگر صفات کپسول را شرط لازم برای برداشت مستقیم کنجد در نظر بگیریم دسته بعدی صفات که در ادامه به آن‌ها پرداخته می‌شود شرط کافی برداشت مستقیم هستند که به شرح زیرند.

**الف) اتمام گلدهی**

به طور کلی کنجد گیاهی است با رشد نامحدود و تا زمانی که شرایط محیطی اجازه دهد رشد می‌کند (قاسمی همدانی[1] و همکاران، ۲۰۲۰). همان زمان که در قسمت‌هایی بالایی گیاه گلدهی ادامه دارد، کپسول‌های پایینی گیاه خشک شده‌اند، باز می‌شوند و امکان دارد دانهٔ خود را از دست بدهند. در این شرایط، مجموعه‌ای از دانه‌های نارس و رسیده در یک بوته دیده می‌شود که تاثیر منفی بر برداشت مکانیزه می‌گذارد. بنابراین اتمام گلدهی ویژگی مهمی در برداشت مکانیزهٔ کنجد است. روش‌های مختلفی برای پایان دادن به گلدهی وجود دارد که کاربردی‌ترین آنها قطع آبیاری است (صبوری[2] و همکاران، ۲۰۲۱). علاوه بر این، کاهش دما به زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد نیز موجب توقف گلدهی در کنجد می‌شود (صادقی گرمارودی و همکاران، ۱۴۰۱). ارقام و لاین‌هایی از کنجد در دنیا وجود دارند که با رشد محدود[3] هستند (ژانگ[4] و همکاران، ۲۰۱۹; دوتا[5] و همکاران، ۲۰۲۲) (شکل ۳۳). با این حال، ژنوتیپ یا رقمی از کنجد که هر دو ویژگی مقاومت به ریزش دانه و رشد محدود را داشته باشد هنوز در دسترس نیست.

[1] Ghasemi Hamedani
[2] Saboury
[3] Determinate plant
[4] Zhang
[5] Dutta

**شکل ۳۳. a گلدهی در ژنوتیپ رشد نامحدود، b و c به ترتیب گلدهی و کپسول‌دهی در موتانت رشد محدود. عکس‌ها از ژانگ و همکاران، ۲۰۱۹.**

## ب) ریزش برگ

برای برداشت مکانیزه، مناسب است بوته‌ها برگ‌های خود را در زمان برداشت به طور کامل از دست بدهند (شکل ۳۴). باقی ماندن برگ‌ها روی بوته در هنگام برداشت، بسته به روش برداشت، می‌توانند مشکلاتی ایجاد کنند. اگر برداشت دو مرحله‌ای کنجد که شامل دروکردن و خرمن‌کوبی بوته‌ها مد نظر باشد، حشرات از برگ‌های بوته‌های برداشت شده تغذیه می‌کنند و فضولات آن‌ها در زمان خرمن‌کوبی با دانه‌ها مخلوط می‌شود و کیفیت محصول را کاهش می‌دهند. اگر کنجد مستقیم برداشت شود و بوته‌ها هنوز برگ داشته باشند، برگ‌ها درون کمباین به قطعات کوچک تبدیل می‌شوند، درصد مواد خارجی محصول را افزایش می‌دهند که بازهم کاهش کیفیت محصول را به دنبال دارد.

**شکل ۳٤. بوته‌های عاری از برگ در رقم مقاوم به ریزش در زمان برداشت. عکس از نویسندگان.**

## ج) ریزش‌نکردن کپسول

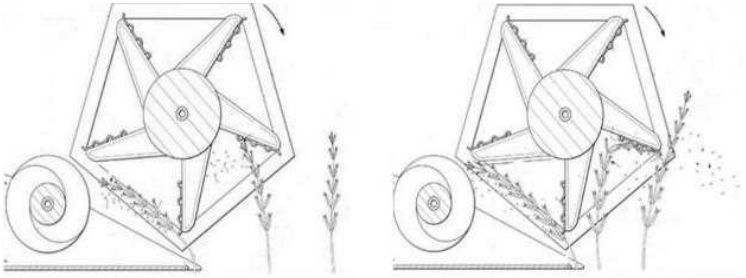
زمانی که بوته‌های کنجد در مزرعه نگه‌داشته می‌شوند تا با کمباین برداشت شوند، ساقه‌ها و شاخه‌های کنجد پس از ریزش برگ‌ها ممکن است هنگام وزش باد با یکدیگر تماس و برخورد داشته باشند. در چنین شرایطی به‌ویژه در ارقام سه‌کپسولی، کپسول‌ها از ساقه کنده می‌شوند و افت شدید عملکرد را در پی دارد. گزارش شده‌است به هنگام وزش بادهای مداوم خسارت ناشی از ریزش کپسول‌ها به ۷۰ درصد هم می‌رسد (کیروگا و همکاران، ۲۰۱۹). برای کاهش این خسارت اتصال قوی کپسول به ساقه و زاویه تنگ بین کپسول و ساقه ویژگی‌هایی مهم هستند. کپسول‌هایی که دور ساقه را فرا می‌گیرند به‌راحتی کنده نمی‌شوند و به شرایط بد آب و هوایی نیز کمتر حساس هستند اما روند خشک‌شدن آنها کندتر است.

### د) رسیدگی دانه‌ها در کپسول‌های بالای گیاه

برای حداکثر بهره‌وری در برداشت مکانیزه، مطلوب است دانه‌ها در کپسول‌های بالایی قبل از باز شدن کپسول‌های پایینی بالغ شود. اگر دانه‌های کپسول‌های بالایی نابالغ باشند، در فرآیند خرمن‌کوبی و بوجاری در کمباین از دست می روند و در نتیجه عملکرد کاهش می‌یابد.

### ه) ارتفاع گیاه

در حالتی که بوته‌های کنجد به‌صورت ردیفی درو می‌شوند یا مستقیماً با کمباین برداشت می‌شوند، گیاه باید در ارتفاعی باشد که چرخ و فلک سکوی برش کمباین بوته‌ها را به داخل بکشد و آن‌ها را به بیرون هل ندهد (شکل ۳۵). حداکثر ارتفاع قابل‌قبول بوته‌ها ۱۵۰ سانتی‌متر است، البته بوته‌های کوتاه‌تر برتری دارند (میائو و همکاران، ۲۰۲۱). لانگهام (۲۰۱۴) بهترین ارتفاع بوته را برای برداشت مکانیزه ۱۲۰ تا ۱۳۰ سانتی‌متر گزارش کرده است .



**شکل ۳۵. رابطهٔ بین ارتفاع گیاه با ریزش دانه هنگام برداشت مستقیم با کمباین و لزوم تنظیم ارتفاع چرخ و فلک[1] کمباین. بوته‌های کوتاه هنگام حرکت کمباین به داخل خم می‌شوند و ریزش دانه‌ها به داخل کمباین خواهد بود (سمت چپ). بوته‌های بلند هنگام حرکت کمباین به**

[1] Slat

**بیرون خم می‌شوند و ریزش دانه‌ها به سمت بیرون کمباین خواهد بود (سمت راست). شکل از لانگهام (۲۰۱٤).**

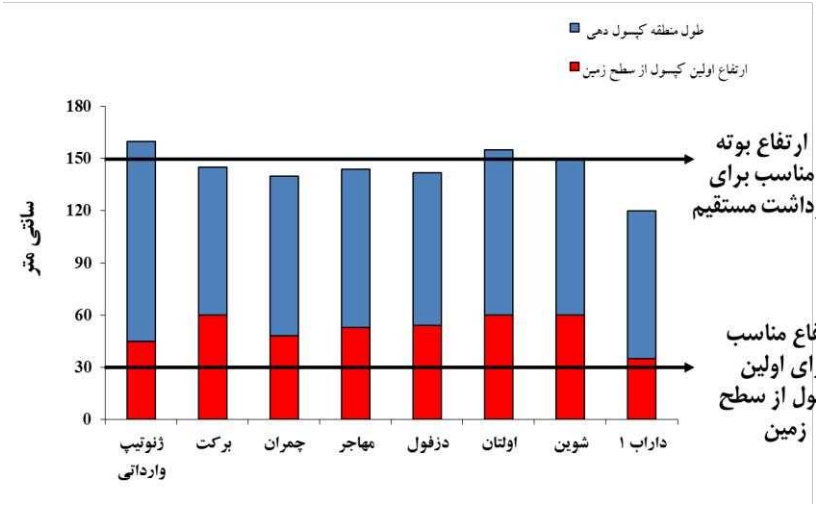
## و) ارتفاع اولین کپسول

فرقی نمی‌کند کدام روش برداشت مکانیزه (برداشت دومرحله‌ای شامل دروکردن و پس از آن خرمن‌کوبی یا برداشت یک مرحله‌ای و مستقیم با کمباین) اجرا شود، آنچه باید در نظر گرفت آن است که محل برش باید پایین‌تر از ارتفاع اولین کپسول از سطح زمین باشد (شکل ۳۶). تشکیل اولین کپسول در ارتفاع ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متری از سطح زمین مناسب است. هر مقدار که منطقهٔ تشکیل کپسول‌ها[1] (شکل ۳۷)، ارتفاع گیاه از آخرین کپسول در نوک گیاه منهای ارتفاع اولین کپسول از سطح زمین، طویل‌تر باشد عملکرد بیشتر است، اما اگر ارتفاع اولین کپسول از سطح زمین کمتر از ۱۵ سانتی‌متر باشد این امکان وجود دارد که تیغهٔ کمباین با پستی بلندی‌های زمین برخورد کند یا سنگ‌هایی را که در سطح زمین قرار دارند به داخل بکشد که موجب آسیب‌دیدگی کمباین و کاهش کیفیت محصول خواهد شد. بالاتر بودن محل تشکیل اولین کپسول بیش از ۳۰ سانتی‌متر نیز موجب کاهش طول منطقهٔ کپسول‌دهی می‌شود که کاهش عملکرد را به دنبال دارد (حبیب‌زاده و غلامحسینی، ۱۴۰۱). شکل ۳۸ سه ویژگی ارتفاع بوته، ارتفاع اولین کپسول از سطح زمین و طول منطقه کپسول‌دهی را در تعدادی از ارقام داخلی حساس و مقاوم به ریزش نشان می‌دهد.

[1] Capsule zone

**شکل ۳٦. برش بوته‌ها از زیر اولین کپسول (پیکان زرد رنگ). عکس از شرکت کشت و صنعت شهید رجایی، دزفول، سال ۱٤۰۲.**

**شکل ۳۷. منطقه کپسول‌دهی (مشخص شده بین دو پیکان قرمز رنگ). عکس از نویسندگان**




**شکل ۳۸. ارتفاع اولین کپسول از سطح زمین، طول منطقهٔ کپسول‌دهی و ارتفاع بوته در ژنوتیپ وارداتی و ارقام داخلی مقاوم به ریزش (برکت، چمران، مهاجر و دزفول) و ارقام داخلی حساس به ریزش (اولتان، شوین و داراب ۱). داده‌ها از سیاهپوش و همکاران (۱۴۰۲)؛ غلامحسینی (۱۳۹۸) و غلامحسینی (۱۴۰۲).**

## ز) شاخه دهی

شاخه‌دهی برای برداشت مکانیزهٔ کنجد، چه به صورت برداشت دو مرحله‌ای یا برداشت مستقیم، موثر خواهد بود. در برداشت دو مرحله‌ای با استفاده از دروگرهای دسته‌کن، بوته‌های بدون شاخهٔ جانبی (تک شاخه[1]) ترجیح داده می‌شوند. در برداشت مستقیم، درهم تنیدگی بوته‌ها به دلیل وجود شاخه‌های جانبی به مارپیچ سکو کمک می‌کند تا بوته‌ها را به محفظهٔ تغذیه منتقل کند. به عبارت دیگر، در برداشت مستقیم وجود تعدادی شاخهٔ فرعی به دلیل ایجاد حالت حمایت شاخه‌ها از یکدیگر مناسب‌تر است. با این حال، اگر تعداد شاخه‌ها زیاد باشد جدا کردن محصول در لبهٔ استوانهٔ مارپیچ دشوار است. با در هم تنیدگی زیاد، جداسازی

[1] Uniculm

محصول می‌تواند باعث از بین رفتن کپسول‌ها و یا خرد شدن دانه‌ها شود. سه تا چهار شاخۀ فرعی برای ارقام مقاوم به ریزش در برداشت مکانیزه مناسب است (لانگهام و ویمرز[1]، ۲۰۰۲). بیچ و ایمری[2] (۲۰۰۱) نیز وجود شاخۀ فرعی را در برداشت مکانیزه کنجد مطلوب گزارش کرده‌اند. این پژوهشگران بیشتر به مشکلات بریدن ساقه‌های ضخیم تک شاخه توجه داشته اند تا تسهیل برداشت در اثر وجود شاخه‌های جانبی.

## ح) مقاومت به خوابیدگی (ورس) بوته

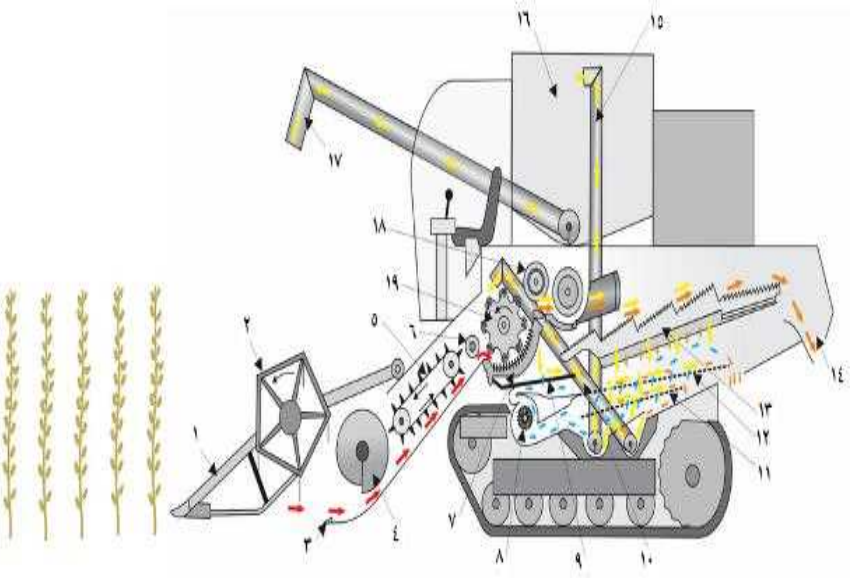
خوابیدگی بوته‌ها، جدا از اینکه عامل کاهش عملکرد به دلیل افت انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌هاست، می‌تواند برداشت مکانیزه را مختل کند. علاوه بر این، خوابیدگی بوته‌ها ممکن است باعث افزایش رطوبت دانه‌ها شود که این خود تاخیر در برداشت و افت کیفیت محصول را به دنبال دارد. مهم‌ترین روش‌های مدیریتی برای جلوگیری از خوابیدگی بوته‌ها در کنجد رعایت تراکم مناسب، مصرف آب و کود (به‌ویژه کود نیتروژن دار) متعادل و کودهای حاوی سیلیس مانند سیلیکات پتاسیم، انتخاب ارقام با ارتفاع بین ۱۲۰ تا ۱۵۰ سانتی‌متر و دارای ساقۀ قوی است (صبوری و همکاران، ۱۴۰۰; غلامحسینی، ۱۴۰۱).

### ٤-٤-١- تنظیمات اختصاصی کمباین برای برداشت مستقیم کنجد

تقریبا تمامی کمباین‌ها اگرچه قادر به برداشت مستقیم کنجد هستند اما الزاما با هر تنظیمی نمی‌توان به درستی کنجد را برداشت کرد (رزاقی، ۱۴۰۳ الف و ب). به عبارت دیگر، تنظیمات اختصاصی کمباین برای برداشت کنجد از نوع و مدل کمباین مهم‌تر است. شکل ۳۹ به صورت شماتیک آنچه باید در برداشت مستقیم کنجد داخل کمباین اتفاق افتد نشان می‌دهد. اشاره شد که برای برداشت درست و با کمترین افت کمی و کیفی محصول کنجد، لازم است قسمت‌های مختلف کمباین به درستی تنظیم شده باشند (شکل ۴۰). مهم‌ترین

[1] Langham and Wiemers
[2] Beech and Imrie

این تنظیمات در ادامه توضیح داده می‌شود. باید توجه داشت که تنظیمات اولیه، آنچه در ادامه با جزییات بدان پرداخته می‌شود، یک نقطه شروع است اما بر اساس شرایط مختلف مزرعه، سن و نوع کمباین، تراکم گیاه، رطوبت، عملکرد، علف‌های هرز و غیره تغییراتی نیاز خواهد بود.



**شکل ۳۹. اجزای مختلف کمباین درگیر در فرآیند برداشت مستقیم کنجد . ۱: تقسیم کننده، ۲: چرخ و فلک، ۳: شانهٔ برش، ٤: مارپیچ، ٥: نقالهٔ تغذیه، ٦: تغذیه کنندهٔ واحد کوبنده و ضد کوبنده، ۷: ضد کوبنده، ۸: بادبزن، ۹: سینی دانه، ۱۰: مارپیچ برگشت پس‌مانده ها، ۱۱: الک پایینی، ۱۲: الک بالایی، ۱۳: کاه پران، ١٤: خروجی کاه، ١٥: مارپیچ انتقال دانهٔ تمیز، ١٦: مخزن دانه، ۱۷: خروجی دانه، ۱۸: جداکنندهٔ کاه از کوبنده، ۱۹: سیلندر کوبنده.**
**پیکان قرمز: مسیر بوته، پیکان زرد: جریان دانه‌ها، پیکان آبی: جریان هوا، پیکان نارنجی: جریان کاه. شکل از نویسندگان.**

**شکل ٤٠. محصول برداشت شدهٔ کنجد با یک مدل کمباین با تنظیمات و زمان صحیح برداشت (سمت راست) و تنظیمات و زمان نامناسب برداشت (سمت چپ). عکس از نویسندگان.**

## آماده سازی مقدماتی و تمیز کردن کمباین پیش از برداشت

لازم است ۳۰ تا ۴۰ روز قبل از برداشت، زمانی که بوته‌ها در حال تغییر رنگ هستند و رو به زرد شدن می‌روند و برگ‌های پایینی در حال ریزش هستند، آماده‌سازی و هماهنگی‌های لازم برای استفاده از کمباین و کامیون‌های حمل کنندهٔ محصول در نظر گرفته شود. انتخاب رانندهٔ کمباین که تجربهٔ کافی در تنظیم این وسیله برای برداشت محصولات مختلف به‌ویژه کنجد را داشته باشد اهمیت ویژه‌ای دارد. در هنگام مراجعه به مزرعهٔ کنجد به منظور برداشت مستقیم، زیان‌بارترین اشتباه آن است که تنظیمات کمباین متناسب با محصول کنجد نباشد. برای مثال، تنظیمات مرتبط با گندم برای کنجد می‌تواند فاجعه‌بار باشد. دانهٔ کنجد بسیار کوچک و به دلیل مقدار بالای روغن آن بسیار ظریف و شکننده است. از طرف دیگر، عملیات پس از برداشت مانند بوجاری دانه‌های کنجد وقت‌گیر و هزینه‌بر است. بنابراین در قدم اول لازم است کنجد با کمباین تمیز برداشت شود. همچنین لازم است اطمینان حاصل شود که کامیون و کیسه‌های بارگیری نیز تمیز و آب‌بندی هستند. مرطوب بودن دانه‌های کنجد که می‌تواند ناشی از زمان نامناسب برداشت یا وقوع بارندگی در زمان برداشت

باشد، همچنین دانه‌های باقی‌ماندهٔ محصول قبلی در داخل کمباین می‌تواند محصول کنجد برداشت شده را فاسد کند. علاوه بر این، بذر علف‌هرز نیز می‌تواند درجه کیفی محصول را کاهش دهد.

برای شروع کار، ابتدا در خارج از مزرعه کمباین را روشن و کارخانهٔ آن را راه‌اندازی کنید و اجازه دهید کمباین درجا کار کند تا از باقی‌مانده دانه‌های پیشین تمیز شود. پس از آن، ماشین را خاموش کنید و منتظر توقف تمام قسمت‌های متحرک باشید. پس از توقف کامل کمباین، درِ قسمت‌های مختلف (تله‌سنگ، بالابر دانه‌های تمیز، بالابر برگشتی، پوشش مخزن دانه و غیره) را بردارید و تمام قسمت‌های کمباین حتی لبه‌های مخزن، کاه‌خردکن یا کاه‌پخش‌کن انتهای کمباین و کابین را به طور کامل تمیز کنید. دوباره کمباین و به ویژه قسمت جداساز و مارپیچ تخلیه را به کار اندازید. تمام ملحقات غربال‌ها و الک‌ها و موتور را باز کنید و با فشار هوا از پایین تا بالای کمباین را تمیز نمایید. یک تا دو دقیقه اجازه دهید کمباین درجا کار کند تا مطمئن شوید همهٔ قسمت‌ها تمیز شده است. در مرحلهٔ بعد، در مسافت کمی کنجد را برداشت و دوباره کمباین را متوقف کنید و در حالی‌که کمباین درجا در حال کارکردن است اطراف ماشین قدم زنید و به دنبال کنجدهای ریخته شده روی زمین بگردید. در صورت وجود ریزش، می‌توانید رد آن را روی قسمت‌های مختلف ماشین و شاسی پیدا کنید. ممکن است از سوراخ‌ها یا درزهای بدنه و دماغهٔ کمباین ریزش رخ دهد که در این صورت حتما باید کلیهٔ منافذ بسته و درزها تعمیر شوند. لازم است این بررسی یک بار دیگر وقتی که مخزن تا نیمه پر شد نیز تکرار شود. در بسیاری از مزارع، علف‌های هرز اطراف مزرعه حذف نمی‌شوند. برای جلوگیری از اختلاط بذر ریز علف‌های هرز، به‌ویژه بذر علف هرز قیاق[1] (شکل ۴۱) با کنجد که جداسازی آن‌ها بسیار مشکل و هزینه‌بر خواهد بود، ضروری است پیش از برداشت کنجد بوته‌های اطراف مزرعه که محل دور زدن کمباین است به طور کامل حذف شوند.

[1] Johnsongrass

**شکل ٤١. بوتهٔ علف‌هرز قیاق (بالا) . بذر کنجد (پایین سمت راست) و بذر قیاق (پایین سمت چپ). در صورت مخلوط شدن محصول با بذر قیاق بوجاری آن بسیار مشکل و هزینه بر است. عکس از نویسندگان.**

## تنظیم واحد جمع‌آوری، برش و تغذیه

در برداشت مستقیم کنجد بهتر است دماغه یا سکوی[1] کمباین از نوع نقاله‌دار[2] باشد (شکل ۴۲). سکوی برش معمول[3] یا غیرمنعطف نیز کارکرد مناسبی در برداشت کنجد دارد. هنگامی که از سکوی برش معمول استفاده می‌شود مستقل بودن حرکت چرخ و فلک از سرعت حرکت استوانهٔ مارپیچ[4] اهمیت دارد. این ویژگی موجب می‌شود پره‌های چرخ و فلک

[1] Platform
[2] Draper platform
[3] Platform header
[4] Helix

در بالای ارتفاع گیاه حرکت کند و هدررفت سکو را در حالی که استوانهٔ مارپیچ به کف آن نزدیک است کاهش دهد. نصب یک صفحهٔ ۹۰ سانتی‌متری پشت سکو باعث می‌شود دانه و گیاه به خارج از سکو پرتاب نشوند (شکل ۴۲).

چرخ و فلک، که می‌تواند از انواع پره‌ای یا انگشتی‌دار باشد (شکل ۴۳)، باید به گونه‌ای تنظیم شود که در ۱۵ سانتی‌متر انتهایی گیاه با آن برخورد کند. به عبارت دیگر، چرخ و فلک کمباین به نحوی تنظیم شود که بوته‌های کنجد از پشت به داخل کمباین هدایت شوند. سرعت حرکت چرخ و فلک نسبت به سرعت پیشروی کمباین باید به میزانی باشد که باعث حداقل شدن میزان پرتاب گیاه به اطراف یا روی سکو گردد. اگر سرعت دورانی چرخ و فلک خیلی زیاد باشد، به بوته‌های کنجد ضربهٔ اضافی وارد می‌شود که می‌تواند باعث ریزش دانه‌ها شود. اگر سرعت چرخش چرخ و فلک نسبت به سرعت پیشروی کمباین خیلی کم باشد بوته‌های درو شده به جلو خم و روی زمین پخش می‌شوند. برای شروع، سرعت چرخ و فلک را ۲۵ درصد بیشتر از سرعت پیشروی کمباین و شاخص چرخ و فلک را بین ۱ تا ۱/۵ تنظیم کنید اما بسته به وضعیت مزرعه در حین برداشت، تنظیمات را مجددا بررسی و آن را بار دیگر تنظیم کنید. اگر مزرعه تراکم پایینی دارد لازم است سرعت چرخش چرخ و فلک افزایش داده شود. همانطور که پیش از این اشاره شد، ارتفاع برش باید مطابق با پایین‌ترین کپسول تشکیل شده تنظیم شود (شکل ۳۶) با این حال باید در نظر داشت که سکو بیش از حد به زمین نزدیک نشود و با زمین برخورد نکند زیرا علاوه بر آسیب دیدن کمباین، امکان انتقال کلوخ، خاک و سنگ‌ریزه به داخل کمباین و ساییدگی دانه‌های کنجد و در نهایت افت کیفی محصول وجود دارد. برای برداشت کنجد می‌توان از تیغهٔ برش لبه صاف[1] یا تیغهٔ لبه دندانه دار[2] (شکل ۴۴) همراه با محافظ تیغه‌برش استفاده کرد. برای ایجاد حرکت در تیغه‌های برش، جعبهٔ نوسان کننده با ۸۰۰ ضربه رفت و برگشتی مناسب است.

تنظیمات استوانهٔ مارپیچ، به‌ویژه فاصلهٔ بین تیغه درو و مارپیچ انتقال‌دهنده، در

[1] Smooth cutting cutter
[2] Coarse serrated knife

برداشت کنجد اهمیت فراوان دارد. فاصلهٔ مناسب در این قسمت، حدود ۶۰۰ تا ۶۲۰ میلی‌متر، موجب حرکت روان محصول به درون کمباین می‌شود و از کشیده شدن بوته‌ها توسط مارپیچ قبل از دروشدن آن‌ها جلوگیری می‌کند. در این شرایط، گیاه از زمین کنده نمی‌شود و ریشه و خاک به داخل کمباین انتقال نمی‌یابد. تعدادی از کمباین‌های وارداتی مجهز به سیستم تغییر فاصلهٔ شانهٔ برش تا مارپیچ هستند. این فاصله در برداشت محصول با ارتفاع کم بهتر است کاهش و در برداشت محصول با ارتفاع زیاد افزایش یابد. برای برداشت کنجد، با توجه به ارتفاع بوته‌ها، بهتر است پیش از ورود به مزرعه فاصلهٔ شانهٔ برش تا مارپیچ را تا آخرین درجه افزایش داد و در مزرعه بر اساس نیاز آن را مجددا تنظیم کرد. فاصلهٔ لبهٔ مارپیچ تا کف دماغه نیز با توجه به وضعیت محصول و قطر ساقه‌ها حدود ۱۲ تا ۲۰ میلی‌متر باشد. سرانجام اینکه نقالهٔ تغذیه[1] باید در پایین‌ترین وضعیت ممکن برای دانه‌های ریز مانند کلزا قرار گیرد و سرعت آن نیز متناسب با سرعت کمباین باشد.

**شکل ۴۲. سکوی برش نقاله‌دار (سمت راست) و نصب صفحهٔ پشت سکو (پیکان قرمز) برای جلوگیری از خروج دانه و گیاه از سکو. عکس سمت راست از وبگاه ماشینز فور یو[2] و عکس سمت چپ از لانگهام و همکاران (۲۰۱۰).**

[1] Feeder
[2] machines4u

**شکل ٤٣. کمباین با چرخ و فلک انگشتی‌دار (سمت راست) و چرخ و فلک پره‌ای (سمت چپ) در حال برداشت کنجد. عکس سمت راست از شرکت کشت و صنعت شهید رجایی، دزفول، سال ١٤٠٢ و عکس سمت چپ از لانگهام و همکاران (٢٠١٠).**

**شکل ٤٤. تیغهٔ برش لبه داندانه‌دار (سمت راست) و تیغهٔ برش لبه صاف (سمت چپ)، هر دو مناسب برای برداشت مستقیم کنجد. با این حال اگر ساقهٔ بوته‌ها کاملا خشک شده است تیغهٔ لبه دندانه‌دار برتری دارد. عکس از رستمی (١٣٩٧).**

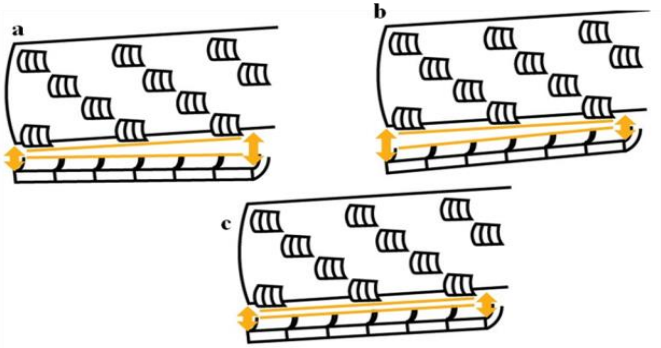
**تنظیم واحد کوبش و جداسازی**

واحد کوبنده در هر کمباین قلب ماشین به حساب می‌آید. در برداشت مستقیم کنجد، انتظار بر این است که قسمت قابل توجهی از دانه‌ها در این قسمت از کپسول‌ها جدا و در سینی دانه‌های کوبیده شده ریخته شوند تا برای تمیزشدن به روی الک‌ها[1] منتقل شوند. این واحد از دو قسمت اصلی کوبنده و ضدکوبنده[2] تشکیل شده است. ضدکوبنده ثابت است و کوبنده حرکت دورانی دارد. کوبنده، ضمن چرخش، محصول را از واحد تغذیه می‌گیرد و به فضای بین کوبنده و ضد کوبنده می‌کشاند. در اثر حرکت کوبنده روی ضدکوبنده، دانه‌ها از کپسول جدا می‌شوند. دانه‌های جداشده و مقداری از بقایای گیاهی خرد شده از منافذ ضد–کوبنده روی سینی دانه سقوط می‌کنند. در برداشت کنجد با کمباین ضروری است ضدکوبنده تراز (شکل ۴۵) و عرض آن متناسب با کاه‌پران[3] باشد. نکتهٔ مهم این است که از کوبندهٔ دندانه سوهانی[4] نو (شکل ۴۶) که به تازگی در کمباین جاسازی شده است استفاده نشود زیرا قطعات نو دارای لبه‌های تیزی هستند که به دانه‌های کنجد آسیب می‌زنند. به‌طور کلی کوبنده و ضدکوبندهٔ نو و مستعمل برای برداشت کنجد مناسب نیستند، بهتر آن است که کوبنده و ضدکوبنده‌ای استفاده شود که پیش‌تر به کار برده شده و لبهٔ دندانه‌های آن کمی ساییده شده است اما هنوز تا مستعمل شدن فاصلهٔ زیادی دارد.

یکی از دلایل آسیب دیدن دانه‌های کنجد سرعت بالای کوبنده است، همیشه از کمترین سرعت کوبنده استفاده کنید و تا پایان مرحلهٔ کوبش سرعت را تغییر ندهید. به عنوان توصیه‌ای کلی، کنجد نیازمند سرعت حرکت کوبنده پایین، حدود ۳۵۰ تا ۵۰۰ دور در دقیقه، و فاصلهٔ کوبنده تا ضدکوبندهٔ بیشتر، حدود ۲۵ تا ۳۰ میلی‌متر در جلو و ۱۲ تا ۱۷ میلی‌متر در عقب، نسبت به محصولات مشابه مانند کلزا است (لانگهام و همکاران، ۲۰۱۰) (شکل

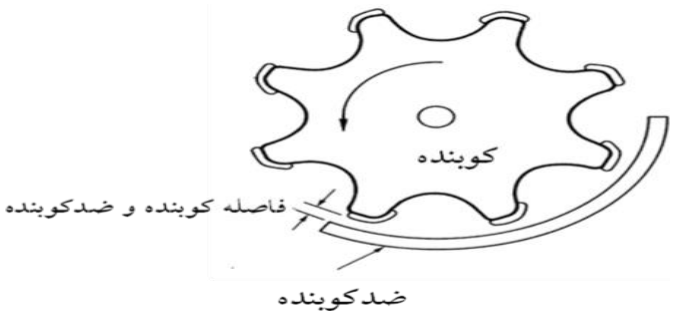
[1] Sieve
[2] Cylinder and Concave
[3] Straw walker
[4] Rasp bar

۴۵). کم‌کردن بیش از حد فاصلهٔ کوبنده با ضدکوبنده، با درنظر گرفتن کوچک بودن دانه‌های کنجد، اشتباه رایج در برداشت کنجد است. کم‌کردن این فاصله منجر به دریافت خمیر کنجد بجای دانهٔ کنجد می‌شود. باید توجه داشت هرگز ضدکوبنده را به طور کامل باز نکنید زیرا این کار می‌تواند سبب مسدود شدن کوبنده شود و آزاد کردن آن فرآیندی سخت و وقت‌گیر خواهد بود. برای ارزیابی کارکرد صحیح واحد کوبش، باید تعداد دانه‌های شکستهٔ موجود در مخزن کمتر از یک عدد در میان ۵۰ دانه باشد. در صورت بیشتر بودن این میزان، ابتدا فاصلهٔ کوبنده و ضدکوبنده را افزایش دهید و اگر موفق به کاهش میزان دانه‌های شکسته نشدید سرعت کوبنده را کم کنید. برای کاهش کپسول‌های کوبیده نشدهٔ خارج شده از انتهای کمباین، پیش از افزایش سرعت کوبنده، ابتدا فاصلهٔ کوبنده و ضدکوبنده را کم کنید. در هر بار فقط یکی از تنظیم‌ها (سرعت کوبنده یا فاصلهٔ کوبنده و ضدکوبنده) را تغییر دهید و نتیجه را بررسی کنید و در صورت لزوم بار دوم به سراغ تنظیم دیگر بروید. هیچ گاه دو تنظیم را همزمان تغییر ندهید. توجه کنید که کوبش بیش از حد سبب بیشتر شدن دانه‌های شکسته و افزایش هدر رفت به دلیل بیش باری الک‌ها می‌شود.




**شکل ٤٥. فاصلهٔ قسمت چپ و راست کوبنده از ضدکوبنده. a و b کوبنده و ضد کوبنده غیر تراز . c واحد کوبندهٔ تراز. در شکل‌های a و b یا جداسازی دانه از کپسول مناسب نیست یا دانه آسیب می‌بیند. شکل از نویسندگان.**

**شکل ٤٦. کوبندهٔ دندانه سوهانی مناسب برای برداشت کنجد است اما اگر دارای لبه‌های تیز باشد باعث ایجاد آسیب به دانه‌ها می‌گردد. عکس از رستمی (۱۳۹۷).**




**شکل ٤٧. فاصلهٔ کوبنده و ضد کوبنده. کم کردن بیش از حد این فاصله با این فرض که دانه‌های کنجد کوچک هستند موجب له شدن دانه‌های کنجد می‌شود. شکل از نویسندگان.**

## تنظیمات جداکنندهٔ کاه از کوبنده، کاه پران و واحد تمیز کننده

جداکنندهٔ کاه از کوبنده، که به آن استوانه کلش‌کش[1] نیز اطلاق می‌شود، بهتر است در بالاترین موقعیت خود قرار گیرد، اما اگر بازگشت مواد به کوبنده[2] زیاد است آن را مجدد

[1] Beater grate
[2] Back feeding

تنظیم کنید. پیش تمیزکن‌های موجود در کاه‌پران را بسته نگاه دارید. بستن یک سوم تا یک چهارم ابتدایی کاه‌پران (شکل ۴۸) ممکن است به کاهش پرتاب دانه از روی الک، به دلیل جریان باد، کمک کند. تمیز کردن دانه‌های کنجد داخل کمباین فرآیندی ظریف متاثر از متعادل کردن نیروی هوا و منافذ الک‌هاست. به عبارت دیگر، مهم‌ترین تنظیمات این واحد شامل تنظیم سرعت و جهت باد پنکه[1] و تنظیم روزنه‌های الک‌هاست. الک‌های مناسب برای برداشت دانه‌های ریز مانند کلزا می‌توانند برای کنجد نیز استفاده شوند. در این قسمت نیز تصور اینکه چون دانه‌های کنجد کوچک است بنابراین احتیاج به الک‌های خیلی ریز دارد گمراه کننده است. اگر روزنه‌های الک بالایی[2] خیلی ریز باشند تمام دانه‌ها از آن‌ها عبور نمی‌کنند ومقداری از دانه‌ها همراه با کاه از کمباین خارج می‌شوند و روی زمین می‌ریزند. از طرف دیگر، درصورت زیاد بودن قطر این روزنه‌ها مقدار زیادی کاه از این الک عبور می‌کند و کارکرد الک پایینی را مختل خواهد کرد. روزنه‌هایی با قطر ۴ تا ۱۲ میلی‌متر در الک بالایی مناسب خواهد بود. لازم است روزنه‌های دنباله الک بالایی[3] یا بچه الک تنگ‌تر از خود الک بالایی تنظیم شود تا بازگشت مواد به کوبنده به حداقل برسد (لانگهام و همکاران، ۲۰۱۰). در الک پایینی[4] نیز که باید صرفا دانه‌ها را جدا کند ابعاد دو تا شش میلی‌متر برای روزنه‌ها مناسب است. می‌توان برای تنظیم‌کردن الک پایینی، روزنه‌های آن را آن‌قدر باز کرد که مقدار زیادی از مواد خارجی در داخل مخزن ظاهر شود. سپس روزنه‌ها را به تدریج بست تا نمونه برداشت شده از مخزن عاری از مواد خارجی و قابل قبول شود.

باز بودن بیش از حد روزنه‌های الک پایینی باعث عبور خرده‌کاه‌ها و مخلوط آن‌ها با دانه‌های تمیز می‌شود. بسته بودن بیش ازحد آنها نیز باعث حرکت دانه‌ها به طرف عقب، پیوستن آن‌ها به پس‌ماندها، برگشت به دستگاه کوبنده و در نتیجه شکستگی و آسیب‌دیدگی

[1] Fan
[2] Upper sieve
[3] Upper sieve extension
[4] Bottom sieve

دانه‌ها می‌شود. تنظیم دقیق میزان باد پنکه به منظور راندن کاه روی الک‌ها و به دست آوردن دانهٔ تمیز اهمیت دارد. سرعت بیش از حد باد پنکه سبب قرار گرفتن دانه‌های کنجد در مسیر بازگشت دوباره به کوبنده می‌شود که آسیب دیدن آن‌ها و افزایش هدر رفت از روی الک‌ها را در پی دارد. برای تنظیمات اولیه، سرعت ۶۵۰ تا ۷۵۰ دور در دقیقه مناسب است. برای تنظیم دقیق‌تر، می‌توان سرعت باد پنکه را به اندازه‌ای افزایش داد تا دانه‌ها شروع به ریزش از انتهای کمباین کنند، و پس از آن دور پنکه را به تدریج کاهش داد تا حدی که مانع از ریزش دانه‌ها به خارج شود. جدول ۸ اطلاعات لازم برای تنظیم قسمت‌های مختلف کمباین‌های موجود در آمریکا را برای شرایط مزارع آن کشور بیان می‌کند که می‌تواند به عنوان تنظیمات اولیه در کمباین‌های موجود در کشور ایران نیز استفاده شود.

**شکل ٤٨. مسدود کردن قسمتی از کاه‌پران. عکس از لانگهام و همکاران (۲۰۱۰).**

**جدول ۸. تنظیمات توصیه شده برای برداشت مستقیم کنجد در آمریکا با توجه به مدل کمباین***

| برند و مدل کمباین | سرعت کوبنده (دور در دقیقه) | سرعت پنکه (دور در دقیقه) | فاصلهٔ کوبنده تا ضدکوبنده در قسمت ورودی (میلی‌متر) | الک بالایی (میلی‌متر) | الک پایینی (میلی‌متر) |
|---|---|---|---|---|---|
| John Deere 9050, 60, & 70 Series STS | ۵۰۰ – ۳۵۰ | ۷۵۰ – ۶۵۰ | ۳۵ – ۲۵ | ۱۰ – ۴ | ۶ – ۲ |
| John Deere 9000, 9010, 9050, & 60 Series Walkers | ۴۵۰ – ۳۷۵ | ۷۵۰ – ۶۵۰ | ۳۵ – ۲۵ | ۱۲ – ۹ | ۶ – ۲ |
| Case IH 1680/2388 | ۴۰۰ – ۳۲۵ | ۷۵۰ – ۶۵۰ | ۴۰ – ۳۳ | ۸ – ۲ | ۴ – ۲ |
| Cat/Lexion 480 | ۶۰۰–۶۵۰ | ۶۰۰–۷۰۰ | ۱۰ –۷ | ۸–۱۰ | ۶–۹ |

* از منبع لانگهام و همکاران (۲۰۱۰).

از این جدول می‌توان برای تنظیمات اولیه در کمباین‌های داخلی به منظور برداشت مستقیم کنجد استفاده برد و بر اساس شرایط، تنظیمات دقیق‌تر را اعمال کرد.

## تنظیمات واحد انتقال دانه و مخزن

مطمئن شوید که مارپیچ انتقال دانه‌های تمیز[1] و انتقال‌دهنده کپسول‌ها[2] به‌منظور کوبش مجدد به درستی تنظیم شده باشند. این موضوع مانع آسیب دیدن دانه بین زنجیر و چرخ‌دنده می‌شود. تمام بالابرها و مارپیچ‌ها را بررسی کنید که لبه های تیز نداشته باشند. لبه‌های تیز می‌توانند موجب برش و آسیب دیدن دانه‌های کنجد شوند. قبل از اینکه مخزن دانه[3] به حدی پر شود که مارپیچ دانه‌های تمیز و لولهٔ تخلیه[4] را بپوشاند، مخزن را خالی کنید. برای دستیابی به بهترین کیفیت دانه، تخلیه مخزن دانه را نخست با سرعت کم آغاز کنید و هنگامی که جریان دانه در لولهٔ تخلیه سنگین شد سرعت را افزایش دهید. این کار کمک می‌کند که گشتاور ناگهانی شروع تخلیه کاهش یابد که می‌تواند بر جلوگیری از آسیب‌دیدگی دانه‌ها تاثیر داشته باشد.

## سرعت پیشروی کمباین

سرعت پیشروی را به صورت بهینه تنظیم کنید به نحوی که کوبنده همیشه پر باشد. سرعت پیشروی کم می‌تواند سبب کاهش خوراک‌دهی و خالی ماندن فضای کوبنده شود که به افزایش آسیب‌دیدگی دانه‌ها می‌انجامد. سرعت بالاتر از حد مجاز نیز موجب افزایش بار در قسمت‌های مختلف کمباین می‌شود که نتیجهٔ آن افزایش هدرروی محصول است. بنابراین، پیشروی باید به اندازهٔ کافی سریع باشد تا میزان مناسیب از تغذیه در اختیار کمباین قرار گیرد. در مزارع پرتراکم، سرعت پیشروی ۲ تا ۲/۵ کیلومتر بر ساعت و در مزارع کم‌تراکم سرعت ۱/۵ تا ۲ کیلومتر بر ساعت مناسب است (نورانی و همکاران، ۱۴۰۲).

[1] Clean grain auger
[2] Tailings conveyor
[3] Grain tank
[4] Unloading auger

## حمل و نقل محصول

کامیون‌هایی که دانه‌ها را از مزرعه انتقال می‌دهند باید تمیز باشند. کنجد ۰/۵۶ کیلوگرم بر لیتر وزن دارد یا به عبارتی دیگر جرم حجمی آن تقریبا نصف جرم حجمی آب است (تانده–آکینتانده و آکینتانده[1]، ۲۰۰۴) و بنابراین کامیون‌ها بدون محدودیت وزن می‌توانند به طور کامل بارگیری شوند. کامیون‌ها باید در هنگام حمل کنجد روی بار خود را بپوشانند. دقت شود در هنگام شب کنجد تمایل به جذب رطوبت دارد و در هنگام روز این رطوبت تحت تاثیر تابش آفتاب و گرما تبخیر می‌شود، اگر محموله کنجد در روز پوشانیده شده باشد این رطوبت درون محموله حبس خواهد شد. بنابراین بهتر است پیش از تحویل‌دادن و کیل‌گیری، چادر از روی دانه‌ها جمع شود تا رطوبت جذب شدهٔ محیط از درون محصول خارج گردد.

رعایت موارد پیشنهادی زیر نیز می‌تواند کارایی برداشت مستقیم کنجد را افزایش دهد:

- نظارت بر نحوهٔ کار کمباین توسط ناظران و کشاورزان با دقت لازم دنبال شود.
- آموزش و نظارت مستقیم کارشناسان و کشاورزان برای برآورد تقریبی میزان تلفات کمباین در مزرعه ضروری است. روش ارزیابی تلفات در ادامه توضیح داده خواهد شد.
- توصیهٔ موکد است از برداشت محصول پیش از رسیدن رطوبت دانه به شش درصد خودداری شود. بالا بودن رطوبت دانه علاوه بر کاهش کیفی محصول موجب جدا نشدن دانه از کپسول و افزایش تلفات آن می‌شود.
- تأخیر در برداشت، حتی در ارقام مقاوم به ریزش دانه کنجد باعث افزایش تلفات سکوی برش خواهد شد.
- در این نوشتار به تنظیمات پایه کمباین برای برداشت مستقیم کنجد اشاره شده است. برای تنظیمات دقیق‌تر طبق دفترچه راهنما و براساس ویژگی‌های محصول، مزرعه و شرایط آب و هوایی عمل شود.

[1] Tunde-Akintunde and Akintunde

- با توجه به سهم بسیار قابل توجه سکوی برش در تلفات برداشت مستقیم کنجد (نورانی و همکاران، ۱۴۰۲)، تمرکز بیشتر ارزیابی و نظارت بر نحوهٔ تنظیمات و سالم بودن اجزای سکوی برش از جمله چاقوی برش، اهرم‌های کنترل سرعت دورانی چرخ و فلک، فاصلهٔ مارپیچ تا سکوی برش، زاویهٔ ورود پره‌ها یا انگشتی‌های چرخ و فلک به درون محصول باشد.
- چرخ و فلک انگشتی‌دار در همه حالات محصول، به ویژه در حالت خوابیدگی و پیچیدگی محصول و نیز پرتراکم بودن مزرعه، مورد توجه است و چرخ و فلک پره‌ای در شرایط عادی محصول و خصوصاً در هنگام کم تراکم بودن آن قابل توصیه است.
- تیزی چاقو، سالم بودن انگشتی‌ها و تطابق شانهٔ برش با شرایط محصول برای جلوگیری از جویده شدن بوته‌ها ضروری است.
- افزایش سرعت کوبنده و کاهش فاصلهٔ کوبنده و ضدکوبنده تا حدی مجاز است که باعث افزایش دانه شکسته در مخزن کمباین نشود.
- در صورت وجود مقداری زیادی دانه همراه با کاه و کلش در بالابر پس‌ماندها، لازم است روزنهٔ الک دانه کمی بازتر شود.
- در صورت زیاد بودن کاه و کلش و بذر علف‌های هرز در مخزن دانه، لازم است جهت وزش باد پنکه به وسط الک‌ها هدایت شود و سرعت پنکه تا حدی افزایش یابد که دانه‌ها به بیرون پرتاب نشوند.
- برداشت به گونه‌ای باشد که محصول برداشت نشده همواره در سمت مخالف سیستم انتقال توان چرخ و فلک قرار گیرد. رعایت‌نشدن این نکته، علاوه بر ایجاد اختلال در عملکرد چرخ و فلک، باعث افزایش تلفات سکوی برش می‌شود.
- با تنظیم تراکم و مدیریت آب و نیتروژن از خوابیدگی بوته‌های کنجد جلوگیری کنید. اگر به هر دلیلی خوابیدگی در مزرعه اتفاق افتاد، حرکت کمباین باید در جهت خوابیدن محصول باشد و در این شرایط تا جایی که ممکن است ارتفاع برش کاهش یابد.

- قطعه بندی مزرعه به نحوی باشد که کمباین بتواند از حداکثر عرض مفید و ظرفیت کاری خود استفاده کند. مرز بندی‌های داخل مزرعه به گونه‌ای نباشد که موجب برهم خوردن تنظیمات کمباین، به‌ویژه سکوی برش، شود.

## ٤-٤-٢- ارزیابی هدررفت محصول کنجد در برداشت مستقیم

دو روش شرح داده شدهٔ شرکت سیساکو و لانگهام که در بخش‌های قبلی به آنها اشاره شد، اطلاعات ارزشمندی در خصوص ویژگی مقاومت به ریزش دانهٔ ارقام و ژنوتیپ‌های کنجد در اختیار قرار می‌دهد اما آنچه اهمیت بیشتری دارد ارزیابی مباحث مرتبط با ریزش دانه در برداشت مستقیم با کمباین و در شرایط مزرعه است. در برداشت مکانیزه، علاوه بر ویژگی حفظ دانه در کپسول تا زمان برداشت، مواردی مانند ریزش دانه در زمان برداشت، آزادسازی راحت دانه از کپسول در کمباین و آسیب ندیدن دانه نیز بسیار با اهمیت است. به همین منظور روش ارزیابی مزرعه‌ای برای تعیین این ویژگی‌ها در ادامه تشریح می‌شود. برای ارزیابی مزرعه‌ای هدررفت در برداشت مکانیزه کنجد باید قطعه زمین انتخابی حداقل نیم هکتار مساحت داشته باشد و رطوبت دانه نیز به شش درصد رسیده باشد. در اکثر موارد، مزارع کنجد در زمان برداشت مکانیزه نیز حاوی کپسول‌هایی در نوک گیاه هستند که بذرهای نابالغ یا نرسیده دارند. با توجه به اینکه این بذرها به دلیل سبکی بیش از حد با باد به پشت کمباین می‌روند در ارزیابی‌های نهایی مورد توجه قرار نمی‌گیرند.

در هنگام برداشت مستقیم با کمباین، چهار دسته ریزش یا هدر رفت دانه به شرح زیر خواهیم داشت، که نخستین آن مستقیما به ویژگی‌های رقم و شرایط مزرعه مربوط است و کمباین در آن نقشی ندارد و سه مورد بعدی به ترتیب اهمیت می‌تواند بر اثر کمباین، رقم و شرایط مزرعه ایجاد شوند (شکل ۴۹).

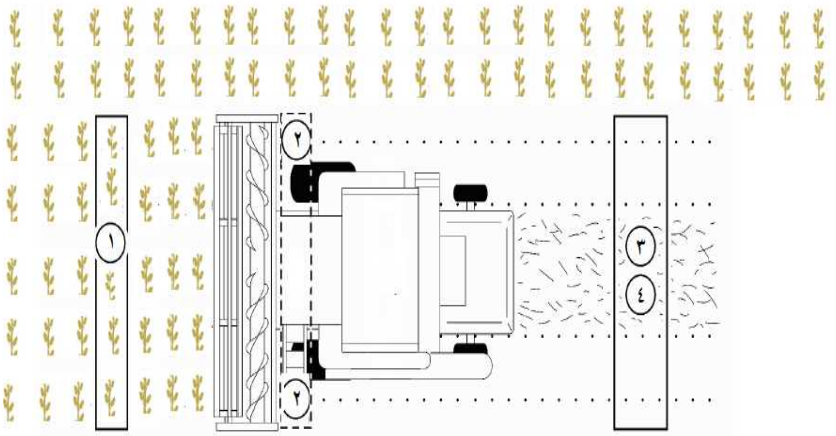
۱. ریزش طبیعی که قبل از ورود کمباین به مزرعه رخ داده است.

۲. ریزش واحد برش (دماغهٔ کمباین). این نوع ریزش در اثر تکان‌های ناشی از بریدن بوته توسط تیغهٔ کمباین، ضربات چرخ و فلک در هنگام هدایت بوته به درون دماغه و

پرتاب شدن تعدادی از شاخه‌ها به خارج از دماغه رخ می‌دهد. این نوع ریزش هم می‌تواند به صورت دانه و هم به صورت قسمتی از شاخه باشد. این ریزش در عرض دماغهٔ کمباین[1] قابل مشاهده است.

۳. کپسول‌های کوبیده نشده که در خروجی انتهای کمباین وجود دارند. این تلفات به دلیل کوبش نامناسب واحد کوبنده و ضدکوبنده رخ می‌دهد.

۴. دانه‌های موجود در خروجی انتهای کمباین که به دلیل تنظیم نبودن واحد تمیزکننده، سرعت و جهت باد پنکه ایجاد شده است.




**شکل ٤۹. شکل شماتیک ارزیابی ریزش دانهٔ کنجد در برداشت مکانیزه. ۱: محل ارزیابی ریزش طبیعی، ۲: محل ارزیابی ریزش واحد برش، ۳ و ٤: محل ارزیابی ریزش واحد خرمن‌کوبی و بوجاری. شکل از نویسندگان.**

[1] ۴/۲ متر برای کمباین‌های ساخت ایران یا بشتر برای کمباین‌های وارداتی

## تعیین مقدار عملکرد مزرعه

برای ارزیابی درصد ریزش، چه ریزش طبیعی یا ریزش حاصل از برداشت مکانیزه، تعیین دقیق عملکرد مزرعه (به صورت کیلوگرم در هکتار) ضروری است. برای تعیین عملکرد، بسته به میزان یکنواختی تولید در واحد سطح، از چند نقطهٔ متفاوت مزرعه (حداقل چهار نقطه در هر هکتار)، به مساحت یک متر مربع از محصول را به صورت دستی، با استفاده از قاب نمونه‌برداری و با احتیاط برداشت کنید. برای بریدن بوته‌ها بهتر است از قیچی باغبانی استفاده شود تا تکان بوته و ریزش دانه تحت تاثیر آن به حداقل برسد. پس از برداشت، بوته‌ها را روی پلاستیک تمیز قرار دهید و کپسول‌ها را از بوته‌ها جدا کنید و سپس دانه‌ها را از کپسول‌ها با استفاده از نیروی کارگری یا خرمن‌کوب آزمایشی جدا و وزن کنید. متوسط وزن حاصل از چند نقطه نمونه‌برداری را محاسبه و در ۱۰۰۰۰ ضرب کنید تا عملکرد برای یک هکتار مشخص شود.

## تعیین مقدار ریزش طبیعی در مزرعه

کپسول و دانه‌های کنجد که تحت تاثیر ویژگی‌های رقم و عوامل جوی مانند بارندگی و تگرگ، باد یا خشک و تر شدن کپسول طی شبانه روز پیش از آغاز به‌کار کمباین بر سطح زمین ریخته شده‌اند ریزش طبیعی محسوب می‌شوند. برای اندازه‌گیری ریزش طبیعی از قاب نمونه‌برداری استفاده می‌شود (شکل ۵۰). قاب نمونه‌برداری به صورت تصادفی و با احتیاط (به نحوی که ضربه قاب موجب ریزش دانه نشود) در نقاط مختلف مزرعه به غیر از قسمت‌های حاشیه‌ای قرار داده می‌شود. در محل نمونه‌برداری، بوته‌هایی که در داخل قاب قرار می‌گیرند از محدوده قاب خارج می‌شوند تا دسترسی به سطح مزرعه به‌منظور بازدید وضعیت زمین از نظر ریزش کپسول و دانه میسر باشد. در داخل قاب، کپسول و دانه‌ها در حد امکان جمع‌آوری و توزین می‌شوند و چنانچه جمع‌آوری دانه‌ها مشکل باشد دانه‌ها روی زمین شمارش و وزن آنها با توجه به وزن هزار دانهٔ ژنوتیپ یا رقم محاسبه می‌گردد. برای مثال، چهار قاب را که هر یک نیم مترمربع مساحت دارد در سطح زمین قرار داده‌شده و از درون

آن‌ها ۴/۵ گرم دانه و ۱۰ کپسول به‌دست آمده است. پس از کوبیدن کپسول‌ها، ۰/۵ گرم دانه نیز به‌دست آمد در نتیجه مجموع وزن دانه‌ها برابر با پنج گرم است. این عدد (پنج گرم) را بر مساحت کل قاب‌های نمونه‌برداری (دو مترمربع، حاصل از چهار قاب نیم مترمربعی) تقسیم و نتیجه را در ۱۰۰۰۰ ضرب می‌کنیم. آنچه به‌دست می‌آید برابر است با مقدار ریزش طبیعی در مزرعه (۲۵۰۰۰ گرم یا ۲۵ کیلوگرم در هکتار).

**شکل ۵۰. قاب نمونه برداری برای ارزیابی ریزش طبیعی در کنجد. ابعاد قاب می‌تواند متقاوت باشد. در اینجا از قاب ۱۰۰×۱۰۰ سانتی‌متر استفاده شده است. عکس از گریچار و همکاران (۲۰۲۰).**

## تعیین مقدار ریزش واحد برش

این ریزش شامل تمام دانه‌هایی است که در اثر عملکرد واحد برش کمباین و حساسیت رقم به ضربه در زمان برداشت رخ می‌دهد. برای تعیین مقدار این ریزش حداقل در چهار نقطه از مزرعه دو قاب نمونه‌برداری با مساحت داخلی ۰/۵ مترمربع، ضخامت دیواره ۲ سانتی‌متر، ارتفاع بدنه ۱۰ سانتی‌متر و کف پوشیده شده با تور سیمی ریز را در فضای خالی پشت شانه برش و یک سوم سمت راست و چپ عرض واحد قرار می‌دهیم به‌طوری که امکان خروج دانهٔ کنجد از آن و امکان انتقال دانه‌های روی زمین به درون آن نباشد. لازم است اطمینان حاصل شود که مواد خارج شده از عقب کمباین در داخل قاب‌ها ریخته نشده

باشند (برای حصول اطمینان از مخلوط نشدن خروجی کمباین با محتوی قاب نمونه‌برداری، می‌توان خروجی کمباین را با کیسهٔ مناسب محصور کرد). همچنین باید دقت شودکه اگر قسمتی از شاخه‌ای درون قاب بود و قسمتی از آن بیرون، قسمت بیرونی با قیچی جدا و حذف شود (فقط مواد گیاهی داخل قاب بررسی و توزین شود). پس از نمونه‌برداری، تمامی دانه‌های موجود در قاب (دانه‌های آزاد و دانه‌های درون کپسول‌ها) را وزن کنید. برای مثال، اگر درون قاب‌ها ۱۰ گرم دانه و ۲۰ عدد کپسول وجود داشت و پس از کوبیدن کپسول‌ها نیز پنج گرم دانه به‌دست آید در مجموع وزن دانه‌های موجود ۱۵ گرم است. لازم است ۱۵ گرم را بر مساحت کل نمونه‌برداری (۴ متر مربع حاصل از هشت قاب ۰/۵ مترمربعی) تقسیم و حاصل تقسیم را در ۱۰۰۰۰ ضرب کنید تا مقدار ریزش به گرم به‌دست آید. برای مثال ذکر شده، مقدار ریزش برابر است با ۳۷۵۰۰ گرم یا ۳۷/۵ کیلوگرم در هکتار.

## تعیین مقدار ریزش واحد خرمن‌کوبی و بوجاری

در هنگام حرکت کمباین، از بین چرخ‌های جلو و عقب قاب یک متر مربعی را که فقط یک سمت باز داشته باشد به نحوی زیر کمباین و در فاصله بین دو چرخ قراردهید که مواد خارج شده از انتهای کمباین (پی‌ریز کمباین) روی آن بریزد. پس از عبور کمباین از محل قاب، بقایای درون آن را جمع‌آوری و دقت کنید که اگر قسمتی از یک شاخه درون قاب و قسمت دیگرش بیرون از آن قرار دارد باید این شاخه را تا قسمتی که درون قاب است ببرید و آن را حفظ کنید و بقیه را حذف نمایید. مواد گیاهی داخل قاب را روی صفحه‌ای تمیز الک کنید. دانه‌های آزاد موجود در این بین نشان‌دهندهٔ هدر رفت تحت تاثیر واحد بوجاری (الک‌ها) و دانه‌های موجود در کپسول‌ها (خواه از شاخه جدا شده و خواه به شاخه چسبیده باشند) نشان‌دهنده هدر رفت ناشی از واحد کوبش است که لازم است کپسول‌ها بررسی شوند تا مشخص شود دانه درون آن‌ها هست یا نه و در صورت وجود دانه، آن دانه‌ها جداگانه وزن شوند. برای محاسبهٔ میزان هدر رفت واحد بوجاری، فرض کنید دو گرم دانه در یک کادر

یک متر مربعی به‌دست آمده است. در اینجا نمی‌توان دو گرم در متر مربع به‌دست آمده را مانند محاسبات قبلی در ۱۰۰۰۰ ضرب و مقدار ریزش را محاسبه کرد بلکه باید از ضریب تصحیح استفاده شود. به عبارت دیگر، این دو گرم مربوط به عرض برش واقعی[۱] در مزرعه است. برای تصحیحات، دو گرم را بر عرض برش واقعی تقسیم و در عرض پی‌ریز[۲] ضرب کنید. برای مثال، با فرض عرض برش چهار متر کمباین و عرض پی ریز یک متر و دو گرم نمونهٔ توزین شده در قاب، مقدار هدر رفت در واحد متر مربع برابر است با ۰/۵ گرم یا ۵۰۰۰ گرم در هکتار که معادل ۵ کیلوگرم در هکتار است. میزان هدر رفت واحد خرمن‌کوبی نیز به همین نحو محاسبه می‌شود با این تفاوت که کپسول‌ها را باید دانه به دانه بررسی و دانه‌های موجود در آن‌ها را در یک ظرف جداگانه جمع‌آوری و وزن کرد و مشابه با روش توضیح داده شده محاسبات را ادامه داد.

## تعیین درصد ریزش محصول

تبدیل مقادیر ریزش محاسبه شده در قسمت‌های پیشین به درصد ریزش، با ذکر مثالی توضیح داده می‌شود. فرض کنید عملکرد مزرعه در روش کیل‌گیری با کادر یک متر مربعی ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار، مقدار ریزش طبیعی سه کیلوگرم، ریزش واحد برش ۱۰ کیلوگرم،

---

[۱] عرض برش در کمباین‌های ساخت ایران ۴/۲ متر است. یعنی این کمباین می تواند حداکثر ۴/۲ متر برداشت دهد اما ممکن است به دلیل متراکم بودن محصول، کجی زمین و ... راننده قسمتی و نه تمام عرض برش را مورد استفاده قرار دهد. برای تعیین عرض برش واقعی، پیش از پرتاب کادر به زیر کمباین با مقداری گچ یا آهک محل قرارگیری آخرین بوته را مشخص و پس از عبور کمباین فاصله گچ تا بوته‌های برداشت نشده را اندازه گیری کنید . برای محصولات ردیفی مانند کنجد لازم است به مقدار اندازه‌گیری شده، یک فاصله کاشت افزوده شود. برای مثال، اگر فاصلهٔ ردیف کاشت ۵۰ سانتی‌متر و فاصلهٔ برداشت شده ۳/۵ متر است، عرض برداشت برابر است با چهار متر که بدان معناست راننده کل عرض برداشت کمباین را استفاده نکرده است.

[۲] عرض کپه مواد خارج شده از انتهای کمباین، که معمولا در محدودهٔ ۱ تا ۱/۲ متر است.

ریزش واحد خرمن‌کوبی ۵ کیلوگرم و ریزش واحد بوجاری نیز ۵ کیلوگرم در هکتار محاسبه شده است. با استفاده از رابطهٔ زیر می‌توان درصد ریزش هر یک از واحدهای کمباین یا درصد ریزش مجموع را محاسبه کرد:

درصد ریزش = (مقدار ریزش × ۱۰۰) ÷ عملکرد نهایی[۱]

برای داده‌های ارایه شده در بالا، ریزش طبیعی برابر با ۰/۳ درصد، ریزش واحد برش ۱ درصد، ریزش واحد خرمن‌کوبی و واحد بوجاری نیز هر یک برابر ۰/۵ درصد است. مجموع ریزش نیز از حاصل جمع این مقادیر به‌دست می‌آید که برابر است با ۲/۳ درصد.

## ارزیابی درصد آزادسازی بذر از کپسول

مشابه با روش تعیین مقدار ریزش واحد کوبش، نمونه جمع آوری می‌شود. برای ارزیابی میزان آزادسازی بذر از کپسول در برداشت مکانیزه لازم است دانه‌های موجود در ۱۰۰ کپسول کوبیده یا نیم‌کوب موجود در قاب، جداگانه شمارش شود. علاوه بر این، در همان هنگام که کمباین مشغول برداشت محصول است، از اواسط مزرعه (رعایت فاصله ۵۰ تا ۱۰۰ متری از حاشیهٔ مزرعه) ۲۰ بوته انتخاب و از هر بوته پنج کپسول از نقاط مختلف بوته برداشت می‌شود. باید توجه شود که از کپسول‌های نوک گیاه که دارای کپسول‌های نابالغ هستند انتخاب نشود. دانه‌های ۱۰۰ کپسول انتخاب شده شمارش می‌شود و از نسبت تعداد دانه‌های باقی مانده در کپسول‌های حاصل از برداشت مکانیزه به تعداد دانه‌های موجود در کپسول‌های انتخابی درصد آزادسازی دانه از کپسول محاسبه می‌شود. برای مثال، اگر تعداد دانه‌ها در ۱۰۰ کپسول انتخابی ۷۰۰۰ و تعداد دانه‌های باقی‌مانده در ۱۰۰ کپسول برداشت مکانیزه

[۱] عملکرد نهایی برای محاسبه درصد ریزش طبیعی برابر است با عملکرد کل‌گیری + مقدار ریزش طبیعی (در مثال فوق ۱۰۰۳ کیلوگرم در هکتار). برای محاسبه درصد ریزش واحد برش، واحد خرمن‌کوبی و واحد بوجاری عملکرد نهایی برابر است با عملکرد کل‌گیری شده (در مثال فوق ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار).

۵۰۰ باشد، درصد آزادسازی دانه از کپسول برابر با ۹۲/۹ درصد. یا به عبارت دیگر ۷/۱ درصد دانه‌ها از کپسول‌ها در کمباین آزاد نشده‌اند.

## ارزیابی آسیب‌دیدگی‌های دانه ها بر اثر برداشت با کمباین

برای گرفتن نمونه، تا زمانی که مخزن کمباین پر نشده است کمباین به برداشت ادامه می‌دهد. پس از پر شده مخزن، از چهار نقطه مختلف مخزن با عمق‌های متفاوت نمونه‌برداری می‌شود. نمونه‌ها کاملا مخلوط و یک نمونه ۶۰ گرمی حاصل می‌شود. دانه‌ها در این نمونه به سه گروه شامل ۱. دانه‌های کنجد سالم، ۲. دانه‌های کنجد شکسته (شکل ۵۱) و ۳. دانه‌های نارس کنجد، بذر علف‌های هرز و مواد خارجی تقسیم می‌شوند. بعد از توزین دو گروه اول، وزن دانه‌های شکسته به وزن مجموع دانه‌های شکسته و دانه‌های سالم تقسیم و از نسبت آن‌ها درصد آسیب‌دیدگی‌های دانه بر اثر برداشت مکانیزه محاسبه می‌شود. برای مثال، اگر وزن دانه‌های سالم ۴۰ گرم و وزن دانه‌های شکسته پنج گرم باشد درصد آسیب–دیدگی‌های دانه بر اثر برداشت مکانیزه برابر با ۱۱/۱ درصد است.

**شکل ۵۱. نمونه‌ای از دانه‌های آسیب‌دیدهٔ کنجد در برداشت مکانیزه. عکس از نویسندگان.**

برابر استانداردهای برداشت مکانیزه کنجد (لانگهام ۲۰۱۱، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۴)، ارقامی از کنجد را می‌توان مقاوم به ریزش دانست که چهار شرط زیر داشته باشند.

۱. حداقل ۸۵ درصد دانه‌ها تا زمان برداشت، زمانی که رطوبت دانه‌ها به شش درصد یا کمتر برسد، در کپسول باقی بمانند. به عبارت دیگر، درصد ریزش طبیعی کمتر از ۱۵ درصد باشد.

۲. حداکثر تا هفت درصد دانه‌ها در زمان برداشت مکانیزه ریزش کنند.

۳. حداکثر تا پنج درصد دانه‌ها بعد از برداشت مکانیزه در کپسول باقی بمانند.

۴. حداکثر تا سه درصد دانه‌ها در اثر برداشت مکانیزه آسیب ببینند.

## ۵. کنترل کیفی محصول کنجد برداشت شده

یکی از مباحث مهم برای در اختیار داشتن بازار تولید تمامی محصولات زراعی، از جمله کنجد، کنترل کیفیت محصول تولید شده است. مطابقت محصول تولید شده با استانداردهای ملی و بین‌المللی، همچنین مطابقت با نیاز مشتریان جنبه‌های مختلف کیفیت محصول را نشان می‌دهند. لازم است در مراحل مختلف، کنترل کیفیت محصول بر اساس استانداردهای موجود صورت گیرد و با مشاهده هر گونه نقصی دلایل ایجاد آن نقص‌ها مشخص و اصلاحات عملی شود. متاسفانه در کشور استاندارد مشخصی برای تولید محصول کنجد در اختیار نیست. در سطح جهانی برای محصول کنجد استانداردهایی تعریف شده است که رعایت‌کردن آن‌ها برای در اختیار داشتن بازار جهانی الزامی است. مهم‌ترین این ویژگی‌های در جدول ۹ ارائه شده است (آبه[1]، ۲۰۱۶).

[1] Abebe

**جدول ۹. ویژگی‌های محصول کنجد برای ارایه در بازار جهانی**

| ویژگی | کیفیت برتر | کیفیت خوب | کیفیت استاندارد |
|---|---|---|---|
| **رطوبت (درصد)** | کمتر از ۳ | کمتر از ۶ | کمتر از ۷ |
| **دانه های نرسیده (درصد)** | ۰ | کمتر از ۲ | کمتر از ۳ |
| **مواد خارجی (درصد)** | کمتر از ۰/۱ | کمتر از ۲ | کمتر از ۲/۵ |
| **علف های هرز (تعداد در هر کیلوگرم محصول)** | ۰ | کمتر از ۱۵ عدد | کمتر از ۳۸ عدد |
| **دانه‌های آسیب‌دیده (درصد)** | ۰ | کمتر از ۱/۵ | کمتر از ۳/۵ |
| **روغن (درصد)** | بیشتر از ۵۵ | بیشتر از ۵۳ | بیشتر از ۴۹ |

هر مقدار افزایش کیفیت از کیفیت استاندارد با افزایش قیمت خرید محصول همراه است.

پیش از این اشاره شد مهم‌ترین دلیل بالا بودن رطوبت محصول برداشت شده زمان نامناسب برداشت است. بنابراین، لازم است رطوبت محصول بادقت در قسمت‌های مختلف مزرعه ارزیابی شود. عجله در برداشت کنجد مساوی با کاهش شدید کیفیت محصول برداشت شده است. توجه داشته باشید در مواقعی که رطوبت هوا بالاست (صبح زود و شب)، از برداشت محصول خودداری شود. علف‌های هرز مزرعه حتما در زمان برداشت کنترل شوند. همچنین توجه داشته باشید که قسمت‌های پایین ساقۀ گیاه آخرین قسمت از بوته‌ها هستند که خشک می‌شود. لازم است قسمت‌های پایینی بوته‌ها که حاوی کپسول نیستند برداشت نشود. بالا بردن دماغۀ برداشت کمباین تا پایین‌ترین کپسول می‌تواند کمک کننده باشد.

مهم‌ترین دلیل وجود دانه‌های نارس، تکمیل نشدن چرخۀ کامل رسیدگی گیاه به‌ویژه در اثر سرماست. مزارعی که دیرتر از زمان مناسب کشت می‌شوند، احتمال برخورد دورۀ رسیدگی با سرما و رسیدگی دانه‌ها در دوره‌ها افزایش می‌یابد (صادقی گرمارودی و همکاران، ۱۴۰۱). مزارع آلوده به بیماری یا علف‌های هرز نیز دانه‌های نارس بیشتری دارند. قسمت عمده‌ای از دانه‌های نارس باید در واحد تمیزکنندۀ کمباین از محصول نهایی جدا شود. کوچک بودن دانه‌ها و رنگ متفاوت آن‌ها، در مقایسه با دانه‌های اصلی، مهم‌ترین مشخصۀ

دانه‌های نارس است. معمولا ارقام دارای دانه‌هایی به رنگ روشن، دانه‌های نابالغ قهوه‌ای مایل به زرد تا قهوه‌ای روشن دارند. ارقام دارای دانه‌هایی به رنگ قهوه‌ای روشن، طلایی، خاکستری روشن و خاکستری، دانه‌های نارس به رنگ روشن‌تر از دانه‌های اصلی دارند. ارقام دارای دانه‌های تیره و سیاه می‌توانند دانه‌های نارس به رنگ قهوه‌ای یا خاکستری داشته باشند (شکل ۵۲).

**شکل ۵۲. دانه های نارس (مشخص شده با پیکان قرمز) در ارقام دارای رنگ دانه تیره (سمت راست) و رنگ دانه روشن (سمت چپ). عکس از نویسندگان.**

طبق تعریف سرویس بازرسی دانه فدرال[1] (۲۰۰۹) در آمریکا، در گیاهان دانه‌ریز همهٔ مواد غیر از دانهٔ محصول مورد نظر که پس از غربال‌شدن از الک با روزنه ۰/۳۱۸ سانتی‌متری عبور می‌کند و در نمونه الک شده باقی می‌ماند، مواد خارجی اطلاق می‌شوند. این مواد می‌توانند شامل دیگر دانه‌های گیاهی، دانه‌های ترک‌خورده یا شکسته، بذر علف‌های هرز، ذرات خاک، سنگ‌ریزه، ها، بقایای برگ، ساقه، حشرات و غیره باشد. مواد خارجی می‌توانند درصد رطوبت دانه‌های کنجد را افزایش دهند و موجب افت کیفی محصول شوند. علاوه بر بازرسی‌های بصری که باید به طور مداوم در زمان برداشت محصول عملی شود، تنظیمات صحیح کمباین نیز در کاهش آلودگی به مواد خارجی اهمیت زیادی دارد. حصول اطمینان از

[1] Federal Grain Inspection Service

اینکه پنکه‌های باد کمباین، الک‌ها و جریان هوا در سرتاسر کمباین به درستی تنظیم شده است می‌تواند درصد مواد خارجی موجود در محصول را کاهش دهد.

بخشی بسیار مهم از مواد خارجی موجود در محصول برداشت شدهٔ کنجد، بذر علف‌های هرز است. این مواد کیفیت محصول برداشت شده را کاهش می‌دهند و امکان انتقال و گسترش آن علف‌ها را به دیگر نقاط، که محصول برداشت شده کنجد ارسال می‌شود، بالا می‌برند. مهم‌ترین عواملی که در افزایش شدت آلودگی محصول برداشت شده به علف‌های هرز موثر است عبارت‌اند از کنترل نامناسب علف‌های هرز و تنظیم نبودن کمباین. گیاهانی مانند قیاق، تاج خروس، علف شور، پیچک صحرایی، ارزن وحشی، سوروف و خرفه مهم‌ترین گیاهان هرز کنجد در ایران هستند. تمامی این گیاهان تعداد بسیار زیادی بذر تولید می‌کنند که مخلوط شدن آن‌ها با کنجد کیفیت محصول را به شدت کاهش می‌دهد. لازم است پیش از آغاز برداشت محصول، کمباین کاملا تمیز شود به‌طوری‌که هیچ آلودگی به بذر علف‌های هرز نداشته باشد. در زمان برداشت نیز اگر قسمت‌هایی از مزرعه آلوده به علف‌هرز است، این مناطق برداشت نشود یا اینکه ابتدا علف‌های هرز کاملا حذف شوند و پس از آن برداشت آغاز شود. اگر حذف علف‌های هرز در زمان برداشت میسر نیست، مناطق آلوده جدا از دیگر مناطق برداشت شود تا پس از برداشت محصول این قسمت‌های مزرعه، برای بوجاری از تجهیزات مناسب‌تری مانند سیستم‌های مدرن دارای تشخیص رنگ استفاده شود.

مهم‌ترین دلیل برای وجود دانه‌های آسیب دیده در محصول برداشت شدهٔ کنجد تنظیمات نامناسب کمباین است. بنابراین، لازم است برای تنظیمات کمباین دقت کرد. اطمینان حاصل کنید که سرعت دوران سیلندر کوبنده زیاد نیست و فاصلهٔ کوبنده و ضدکوبنده کم نباشد. مخزن دانه را تا لبالب پر نکنید. توجه داشته باشید که برداشت دانه‌ها با رطوبت بیشتر از شش درصد با افزایش میزان شکستگی و آسیب دیدن دانه‌ها همبستگی مستقیم دارد. تیزی لبه‌های کوبنده و مارپیچ‌های انتقال‌دهندهٔ دانه را بررسی کنید. در صورت وجود لبه‌های تیز، امکان آسیب‌دیدگی دانه‌ها نیز وجود خواهد داشت. توجه داشته باشید

دانه‌های کنجد ظریف و پر از روغن است، هرگونه ضربه اضافی می‌تواند موجب آسیب دیدن دانه‌ها شود. از طرف دیگر، دانه‌های آسیب دیده و مرطوب کنجد، در مقایسه با دانه‌های سالم و خشک، سریع‌تر دچار فساد می‌شوند.

## ٦. نگهداری و انبارکردن دانه کنجد

نگهداری و انبارداری دانه‌های روغنی به طور عام و کنجد به طور خاص، با توجه به میزان روغن بالا (در کنجد بیش از ۵۰ درصد) و فسادپذیری آنها، اهمیت دارد و در بازده اقتصادی محصول تاثیرگذار خواهد بود. با توجه به اینکه بذر کنجد مصارف متعددی دارد و این مصارف از خود دانه تا روغن و دیگر محصولات مرتبط با آن متفاوت است، برای نگهداری و انبارداری آن نیز شرایط ویژه‌ای نیاز خواهد بود. گزارش‌ها حاکی از آن است که خسارت‌هایی که در اثر تغذیهٔ آفات از دانه‌های کنجد در انبارها رخ می‌دهد در مناطق گرمسیر کشور از جمله استان‌های فارس، خوزستان، کرمان (به‌ویژه منطقهٔ جیرفت) که مناطق اصلی تولید کنجد در کشور هستند قابل توجه است، این خسارت‌ها سود اقتصادی محصول را کاهش می‌دهند (یقبانی و محمدزاده، ۱۴۰۱). علاوه بر این، بر اثر حرارت و رطوبت زیاد در انبارها، عوامل قارچی نیز شیوع پیدا می‌کنند که نتیجهٔ آن نیز کاهش کیفیت محصول است.

نکتهٔ مهم در انبارداری محصول کنجد این است که هرچه دمای انبار پایین‌تر باشد، مدت زمان حفظ کیفیت دانهٔ کنجد در انبار طولانی‌تر می‌شود. افزایش دما در انبار نشانهٔ خوبی برای آگاهی از شرایط نامناسب ذخیره کردن دانه است، دما باید به‌طور مرتب و روزانه کنترل شود. بالارفتن گرما در انبار می‌تواند باعث رشد میکروارگانیسم‌های گرمادوست شود و رشد آنها به نوبهٔ خود باعث افزایش بیشتر دما در انبار می‌شود (واحدی، ۱۳۹۳). هرچه رطوبت انبار بیشتر شود، اثر سوء آن بر کیفیت دانه کنجد افزایش می‌یابد. به‌طورکلی رطوبت انبار نباید از ۲۰ تا ۲۵ درصد بیشتر شود. ضروری است در مدت نگهداری محصول در انبار به طور پیوسته دما و رطوبت انبار بررسی شود و دما در حدود ۴ تا حداکثر ۱۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شود (یقبانی و محمدزاده، ۱۴۰۱). توجه شود که با افزایش رطوبت انبار، دمای انبار

باید کاهش یابد. برای مثال، اگر در رطوبت ۲۵ درصد دما در ۱۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شده است، ضروری است با رسیدن رطوبت انبار به ۴۰ درصد، دما به پنج درجه سانتی‌گراد کاهش یابد. لازم است تهویه در انبار و کاهش رطوبت تا آن لحظه که محصول در انبار هست دنبال شود.

پیش از ورود محصول، داخل انبار با حشره‌کش‌هایی مانند دیازینون[1]، سوین[2]، مالاتیون[3] به نسبت سه تا پنج در هزار محلول‌پاشی گردد. دانه‌های تحویلی به انبار باید سالم، خشک، تمیز و عاری از هر گونه آفت انباری باشند و درصورت وجود آفات انباری در داخل محصول باید آن محصول با قرص‌های فستوکسین[4] ضدعفونی شود. پیش از این اشاره شده است که در برداشت مستقیم کنجد با کمباین، بوته‌ها در مزرعه خشک شده و برداشت زمانی باید آغاز شود که رطوبت دانه‌ها به شش درصد رسیده باشد. انبار کردن دانه‌های کنجد با رطوبت بیشتر دانه نه تنها شرایط نگهداری محصول را مشکل می‌کند بلکه در فرآیند روغن‌گیری از محصول نیز اختلال ایجاد خواهد کرد و می‌تواند موجب خراب شدن دستگاه‌های استخراج روغن شود. از نکات مهم دیگر در انبارداری دانه‌های کنجد به منظور روغن‌گیری، میزان اسید چرب آزاد (اندیس اسیدی) و پراکسید (اندیس پراکسید) تشکیل شده در دانه‌ها طی انبارداری است. چنانچه در دانه‌های روغنی، از جمله در کنجد ، این دو اندیس افزایش یابد، در مرحلهٔ پالایش روغن نمی‌توان اسید چرب آزاد و پراکسید را به‌طور کامل از روغن خام جدا کرد که نتیجهٔ آن افت کیفی محصول تولید شده است (عالیوند و همکاران، ۱۳۹۴). بنابراین، داشتن اطمینان از خشک بودن دانه‌ها به اندازهٔ کافی، پوست‌نگرفتن از دانه‌های کنجد پیش از انبار کردن و ایجاد شرایط مناسب رطوبتی و دمایی در انبار ضروری است.

[1] Diazinon
[2] Sevin
[3] Malathion
[4] Phostoxin

هنگام چیدن کیسه‌های دانه در انبار باید توجه شود که کیسه‌ها روی زمین قرار نگیرند و حداقل یک متر از دیوارها فاصله داشته باشند. مناسب است کیسه‌ها روی پالت‌های[1] چوبی یا پلی‌اتیلنی قرار داده شوند تا امکان بازرسی محصول و تهویه فراهم گردد (شکل ۵۳). ارتفاع محصولات انباشته شده روی یکدیگر نباید بیشتر از سه متر باشد زیرا باعث آسیب دیدن دانه‌های زیرین بر اثر نیروی وزن می‌شود. برای مبارزه با آفات انباری، علاوه بر روش‌های شیمیایی که متداول است در کشورهای پیشرفته استفاده از پرتوهای گاما حاصل از پرتوهای مواد رادیواکتیو مانند کبالت ۶۰ نیز مرسوم است (یقبانی و محمدزاده، ۱۴۰۱).

**شکل ۵۳. نمایی از نحوه مناسب قرارگیری کیسه‌های حاوی دانه در انبار. عکس از وبگاه پوپونیک[2].**

## ۷. جمع‌بندی

پیش‌بینی می‌شود ورود ارقام و ژنوتیپ‌های کنجد مقاوم به ریزش به کشور و برنامه‌های موجود برای معرفی ارقام داخلی با قابلیت برداشت مکانیزه و سازگار به شرایط مختلف اقلیمی بتواند شرایط را برای توسعهٔ زراعت کنجد در کشور تغییر دهد. کاهش هزینه‌های تولید و

[1] Pallet
[2] poponik

افزایش درآمد برای کشاورزان از طریق زراعت تمام مکانیزهٔ کنجد می‌تواند در ترغیب آن‌ها برای توسعهٔ کشت این محصول ارزشمند موثر باشد. با این حال، در اول راه هستیم و لازم است گام‌های موثر و بیشتری در راه توسعهٔ زراعت کنجد در کشور برداشته شود. به عبارت دیگر، نباید انتظار داشت صرفا برطرف کردن معضل برداشت غیر مکانیزه کنجد بتواند توسعهٔ زراعت این محصول را تضمین کند. منطبق با بررسی‌های قبلی، ترکیبی از عوامل زراعی، اقتصادی و اجتماعی مانع از افزایش تولید کنجد در کشور است (غلامحسینی، ۱۴۰۲) و ضروری است به‌کارگیری روش‌های نوین مدیریت مزرعه، چرخهٔ مناسب تولید، تکثیر و تامین بذر با کیفیت برای کشاورز، انتقال صحیح یافته‌های تحقیقاتی به مزارع، و افزایش حمایت‌های بخش دولتی و غیر دولتی صورت پذیرد تا درهای توسعه زراعت کنجد در کشور گشوده شود.

## منابع

آمارنامه محصولات زراعی. ۱۴۰۲. وزارت جهاد کشاورزی (معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات). آمارنامه محصولات زراعی سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰. قابل دسترسی به آدرس اینترنتی www.maj.ir .

افضلی نیا، ص.، کرمی، ع. و روستا، م.ج. ۱۳۹۷. اثر کشاورزی حفاظتی بر خصوصیات خاک و عملکرد کنجد در تناوب با گندم. پژوهش‌های کاربردی زراعی (پژوهش و سازندگی). ۳۱(۳): ۲۰-۴۰.

حبیب‌زاده، ف. و غلامحسینی، م. ۱۴۰۱. انتخاب بهترین الگوی کشت و تراکم بوته در دو رقم کنجد با تیپ رشدی متفاوت در منطقه کرج. پژوهش‌های تولید گیاهی. ۲۹: ۱۹۱-۲۰۷.

رزاقی، م.ح. ۱۴۰۳ الف. بررسی اثر خشک‌کننده‌ها بر کمیت و کیفیت بذر در برداشت مکانیزه کنجد متحمل به ریزش. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. ۱۰۱۰۷. ۹۳ صفحه.

رزاقی، م.ح. ۱۴۰۳ ب. روش مناسب برداشت کنجد مقاوم به ریزش برای تولید بذر مرغوب. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. ۱۰۱۰۸. ۷۹ صفحه.

رستمی، م. ع. ۱۳۹۷. *فرهنگ مصور ماشین‌های کشاورزی*. نشر آموزش کشاورزی. ۳۴۲ صفحه.

سیاهپوش، م.ر.، نژاد صادقی، ل.، سیاهپوش، م.س.، شیدایی، س.، رضوانی، ع. و صادقی، ح. ۱۴۰۲. معرفی و ارزیابی ویژگی‌های زراعی ارقام تجاری کنجد مقاوم به ریزش (ناشکوفا) به نام‌های برکت، مهاجر، چمران و دزفول. تولیدات گیاهی. ۴۶(۴): ۴۷۳-۴۹۰.

صادقی گرمارودی، ح.، غلامحسینی، م. و حبیب‌زاده، ف. ۱۴۰۱. *تولید کنجد، چالش‌ها و راهکارها*. انتشارات دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) قزوین. ۲۶۸ صفحه.

صبوری، ع.، غلامحسینی، م.، بذرافشان، ف.، حبیب‌زاده، ف. و امیری، ب. ۱۴۰۰. اثر آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد، کارآیی مصرف نهاده‌ها و کیفیت دانه ارقام کنجد. علوم گیاهان زراعی ایران. ۳(۲): ۲۲۱-۲۳۴.

عالیوند، ر.، توکل افشاری، ر.، شریف‌زاده، ف. و اسیری، م.ر. ۱۳۹۴. برخی تغییرپذیری‌ها فیزیولوژیک و بیوشیمیایی بذرهای کنجد در شرایط مختلف نگهداری. مجله علوم گیاهان زراعی ایران (علوم کشاورزی ایران). ۴۳ (۳): ۳۶۹-۳۸۰.

غلامحسینی، م. ۱۳۹۸. بررسی اثرات روش کاشت و تراکم بوته بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و برخی صفات زراعی ارقام مختلف کنجد. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. ۵۷۹۸۱. ۴۱ صفحه.

غلامحسینی، م. ۱۳۹۹. ارزیابی خصوصیات ریشه ژنوتیپ‌های مختلف کنجد در شرایط آبیاری مطلوب و محدود. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. ۵۶۹۴۶. ۶۴ صفحه.

غلامحسینی، م. ۱۴۰۱. تعیین مناسب‌ترین تراکم و آرایش کاشت برای ژنوتیپ متحمل به ریزش کنجد در مهم‌ترین استان‌های تولید کننده. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. ۶۲۸۰۸. ۶۴ صفحه.

غلامحسینی، م.، منصوری، س.ا.، مسعودی، ب. و شریعتی، ف. ۱۴۰۱. ارزیابی عملکرد دانه و صفات زراعی ژنوتیپ‌های خارجی کنجد در شرایط تنش خشکی. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. ۱۲(۲): ۱۹-۳۳.

غلامحسینی، م. ۱۴۰۲. وضعیت فعلی و نقشه راه تولید کنجد در ایران. نشریه فنی. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. ۶۴۷۸۴. ۴۳ صفحه.

غلامحسینی، م.، آیین، ا.، بخشی، ب.، منصوری، س.ا. و شریعتی، ف. ۱۴۰۲ الف. ارزیابی عملکرد ژنوتیپ متحمل به ریزش کنجد در آرایش کاشت و تراکم‌های مختلف در اقلیم گرم و خشک جنوب شرق. نشریه تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک. ۶(۲): ۴۱۳-۴۳۰.

غلامحسینی، م.، قدرتی، غ.ر.، الحانی، ا.، منصوری، س.ا. و شریعتی، ف. ۱۴۰۲ ب. بررسی عملکرد ژنوتیپ متحمل به ریزش کنجد در آرایش کاشت‌های مختلف در مناطق داراب و دزفول. تولیدات گیاهی. ۴۶(۲): ۲۹۳-۳۰۵.

غلامحسینی، م.، پیغام‌زاده، ک.، منصوری، س.ا.، فرجی، ا.، شریعتی، ف. ۱۴۰۲ پ. بررسی عملکرد کنجد مقاوم به ریزش دانه در تیمارهای مختلف آرایش کاشت و تراکم در گرگان. نشریه تولید گیاهان زراعی. ۱۶(۴): ۱۳۳-۱۴۸.

غلامحسینی، م.، حسین زینل زاده تبریزی، ح.، سید عباسعلی اندرخور، س.ع.، منصوری، س.ا. و شریعتی، ف. و پرچمی عراقی، ف. ۱۴۰۲ ت. تأثیر آرایش کاشت و تراکم بوته بر عملکرد کنجد ناشکوفا در ساری و مغان. نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی. ۳۱(۱): ۱۷۱-۱۸۸.

نورانی، م.ح.، عساکره، ع. و سیاهپوش، م.ر. ۱۴۰۲. ارزیابی روش‌های مکانیزه و سنتی برداشت کنجد در شمال استان خوزستان. نشریه مکانیزاسیون کشاورزی ۸(۱): ۳۳-۴۲.

واحدی، ع. (۱۳۹۳). *مکانیزاسیون کلزا*. انتشارات سخنوران. ۱۵۷ صفحه.

یقبانی، م. و محمدزاده، ج. ۱۴۰۱. شرایط برداشت و انبارداری کنجد به منظور کاهش ضایعات و حفظ کیفیت آن. گیاهان دانه روغنی. ۴(۲): ۸۱-۸۸.

Abebe, T.N. 2016. Review of sesame value chain in Ethiopia. International Journal of African and Asian Studies. 19: 36-47.

Bedigian, D. 2004. History and lore of sesame in Southwest Asia. Economic Botany. 58: 329–353.

Bedigian, D. 2010. Characterization of sesame (*Sesamum indicum* L.) germplasm: a critique. Genetic Resources and Crop Evolution. 57: 641–647.

Beech, D.F., and Imrie, B.C. 2001. Breeding for mechanized sesame production in Australia. p. 63– 70. In: L. Van Zanten (ed.), *Sesame improvements by induced mutations*, Proc. Final FAO/IAEA Co-ord. Res. Mtg., IAEA, Vienna, TECDOC-1195.

Day, J.S. 2000. Development and maturation of sesame seeds and capsules. Field Crops Research. 67: 1-9.

Desale, G., Jema, H., and Bosena, T. 2019. Sesame post-harvest loss from small-scale producers in Kafta Humera district, Ethiopia. Journal of Development and Agricultural Economics. 11: 33–42.

Dutta, D., Banerjee, S., and Pal, M. 2022. Validation of determinate (dt) gene-based DNA marker in inter-specific hybrid sesame and in-silico analysis of the predicted dt protein structures. Physiology and Molecular Biology of Plants. 28: 139–152.

FAO. 2024. Food and Agriculture Organization Statistical Databases [FAOSTAT] statistics service. Available at: http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC.

Federal Grain Inspection Service. 2009. Inspecting grain: Practical procedures for grainhandlers. Available online at: https://www.ams.usda.gov/publications/content/fgis.pdf.handbooks

Galadima, S.A., and Isa, P. 2020. Value chain analysis of sesame in Bade and Jakusko local government areas of Yobe State, Nigeria. International Journal of Humanities and Social Science. 8: 39–51.

Ghasemi Hamedani, N., Gholamhoseini, M., Bazrafshan, F., Amiri, B., and Habibzadeh, F. 2020. Variability of root traits in sesame genotypes under different irrigation regimes. Rhizosphere. 13: 100190.

Gholamhoseini, M. 2020. Evaluation of sesame genotypes for agronomic traits and stress indices grown under different irrigation treatments. Agronomy Journal. 112: 1794-1804.

Grichar, W.J., Dotray, P.A., and Langham, D.R. 2020. Effects of harvest aids on sesame (*Sesamum indicum* L.) drydown and maturity. IntechOpen. Available at: http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.91011

Kailashkumar, E.B. 2019. A need for sesame thresher. International Journal of Trend in Scientific Research and Development. 3(3): 462-464.

Kailashkumar, B. 2021. Development and evaluation of a sesame thresher as influenced by crop, machine and operational parameters. Journal of Applied and Natural Science. 13: 172-178.

Kelali, K., Misikir, M., and Kormelinck, A. 2014. Sesame yields and post-harvest losses in Ethiopia: Evidence from the field. Genome Biology. 15: 1-13.

Langham, D.R. 2000. Method for making non-dehiscent sesame. United States Patent 6,100,452, p. 22.

Langham, D.R., and Wiemers, T. 2002. Progress in mechanizing sesame in the US through breeding. In: Janick, J. (ed.), *Trends in new crops and new uses*. ASHS Press, Alexandria, VA, pp. 157–173.

Langham, D.R., Riney, J., Aubin, J., Peeper, D., Speed, T., Smith, G., and Wiemers, T. 2010. Sesame Harvest Guide. Sesaco Corporation. p. 21.

Langham, D.R. 2011. Non-dehiscent sesame. United States patent 8,080,707, p. 21.

Langham, D.R. 2013. Method for breeding improved non-dehiscent sesame. United States patent 8,581,028 B2, p. 20.

Langham, D.R. 2014. Pygmy sesame plants for mechanical harvest. United States patent 8,664,472, p. 30.

Maity, A., Lamichaney, A., Joshi, D.C., Bajwa, A., Subramanian, N., Walsh, M., and Bagavathiannan, M. 2021. Seed shattering: A trait of evolutionary importance in plants. *Frontiers in Plant Science*, 12: 657773.

Miao, H., Langham, D.R., and Zhang, H. 2021. Botanical descriptions of sesame. In: Miao, H., Zhang, H., & Kole, C. (eds), *The sesame genome*. Compendium of Plant Genomes. Springer, Cham.

Neme, K., Tola, Y.B., Mohammed, A., and Tadesse, E. 2020. Postharvest handling practices and on farm estimation of losses of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Seeds: The case of two Wollega zones in Ethiopia. East African Journal of Sciences 14: 23–38.

Queiroga, V.P., Langham, D.R, Gomes, J.P., Melo, B.A., Santos, Y.M.G., and Albuquerque, E.M.B. 2019. Technologies used in the cultivation of mechanized sesame (*Sesamum indicum* L.). Barriguda publication. 143 pp.

Saboury, A., Gholamhoseini, M., Bazrafshan, F., Habibzadeh, F., and Amiri, B. 2021. Interaction of irrigation and nitrogen fertilization on yield and input use efficiency of sesame cultivars.Agronomy Journal: 113(6): 5133-5142.

Shtein, I., Elbaum, R., and Bar-On, B. 2016. The hygroscopic opening of sesame fruits is induced by a functionally graded pericarp architecture. Frontiers in Plant Science. 7: 1501.

Tunde-Akintunde, T.Y., and Akintunde, B.O. 2004. Some physical properties of sesame seed. Biosystems Engineering. 88(1): 127-129.

Usman, M., Razzaq, M., Khan, R.A.R., Rehman, M.A., Ali, M.M., Gull, S., Yousef, A.F., Adnan, M,Ercisli, S., and Golokhvast, K.S. 2022. Factors affecting postharvest losses of sesame (*Sesamum indicum* L.) and their mitigation strategies. Agronomy. 12: 2470.

Zhang, H., Miao, H., and Ju, M. 2019. Potential for adaptation to climate change through genomic breeding in sesame. In: Kole, C. (eds) *Genomic designing of climate-smart oilseed crops*. Springer, Cham.