

## خوشه‌بندی ارقام تحت کشت شلتوک برنج در استان گلستان با تأکید بر روش تحلیل

### خوشه‌های سلسله مراتبی

علیرضا طاهری راد<sup>۱\*</sup>، سیامک خیبری<sup>۲</sup>، امین نیکخواه<sup>۱</sup>، سید حسین پیمان<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشجوی دکتری، گروه مدیریت-تحقیق در عملیات، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- عضو هیئت علمی گروه ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه گیلان

\* ایمیل نویسنده مسئول: [taherirad.alireza@stu-mail.um.ac.ir](mailto:taherirad.alireza@stu-mail.um.ac.ir)

### چکیده

پژوهش‌های گسترده‌ای در زمینه طبقه‌بندی ارقام برنج از نظر تیپ اقلیمی، گیاه‌شناسی و وزن هزار دانه صورت گرفته است. هدف از این مطالعه خوشه‌بندی رقم‌های مختلف شلتوک در استان گلستان با استفاده از تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی است. در این پژوهش، شاخص‌های عملکرد (مقدار شلتوک تولیدی)، مقدار آب مصرف شده، درآمد خالص، انرژی مصرفی و کل هزینه‌های تولید برای طبقه‌بندی رقم‌های مختلف برنج مدنظر قرار گرفتند. اطلاعات مربوط به ارقام تحت کشت در منطقه مورد مطالعه با مصاحبه چهره به چهره با تعدادی از کشاورزان به دست آمد. ارقام شلتوک که تحت بیشترین سطح زیر کشت بودند شامل فجر، دم‌سیاه، ندا، طارم سنگی، طارم محلی، طارم هاشمی و شیرودی بود. نتایج نشان داد که ارقام شلتوک برنج در استان گلستان شامل دو خوشه محصولات اقتصادی (شامل ارقام فجر، دم‌سیاه، ندا و شیرودی) و محصولات پایدار (شامل ارقام طارم سنگی، طارم محلی و طارم هاشمی) است.

**واژه‌های کلیدی:** تولید پایدار، محصول اقتصادی، طبقه‌بندی ارقام برنج

### مقدمه

برای دستیابی به یک تجزیه و تحلیل علمی در سامانه‌های تولید محصولات کشاورزی لازم است که از جنبه‌های مختلف سامانه‌ی تولید شناخت ایجاد گردد. سپس، با توجه به آن‌ها، راهبردهایی در راستای دستیابی به سامانه‌ی تولیدی مطلوب اتخاذ گردد. حال آن‌که برون‌دادهای سامانه تولید محصولات کشاورزی از چند جنبه از جمله معیارهای اقتصادی، میزان انرژی مصرفی و همچنین عملکرد محصول تولیدی قابل اهمیت می‌باشد.



حداقل ۲۰ گونه‌ی شناخته شده از برنج شامل گونه‌های زراعی *Oryza sativa* L. (آسیایی) و *glaberrima Steud Oryzae* (آفریقایی) وجود دارد. *O. sativa* گیاهی یک‌ساله است که در بعضی مناطق گرمسیری با توجه به شرایط اقلیمی به صورت چند ساله رشد می‌کند. (صحرانگرد و خداپرست، ۱۳۸۳؛ پیردشتی و همکاران، ۱۳۸۵). گونه‌ی *O. sativa* از گونه‌های مهم برنج است که در قاره‌های آسیا، اروپا و امریکا کشت می‌شوند. در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰، سطح زیر کشت انواع واریته‌های شلتوک در ایران در حدود ۵۹۰ هزار هکتار برآورد شده که معادل ۴/۶ درصد کل سطح برداشت محصولات زراعی و ۶/۵ درصد از کل سطح برداشت غلات می‌باشد. استان گلستان با ۹/۷ درصد از کل سطح برداشت اراضی شالی‌کاری کشور رتبه چهارم را دارا می‌باشد و پنج استان مازندران، گیلان، خوزستان، گلستان و فارس جمعاً ۹۳/۱ درصد از سطح اراضی برنج‌خیز کشور را به خود اختصاص داده‌اند (درگاه ملی آمار، ۱۳۹۲). انواع برنج‌های زراعی ایران از گونه *O. sativa* می‌باشد که برای ادامه رشد به آب زیادی نیاز دارند (زمانی و علیزاده، ۱۳۸۸).

در مورد طبقه‌بندی برنج تحقیقات وسیعی صورت گرفته است. تقسیم‌بندی‌های مختلفی از لحاظ تیپ اقلیمی، گیاه‌شناسی، وزن هزار دانه، طبقه‌بندی بر اساس سازمان خواربار و کشاورزی و طبقه‌بندی برنج‌های ایران از نظر مشخصات ظاهری از جمله آن‌ها می‌باشد که در ادامه به هر یک اشاره می‌شود. طبقه‌بندی از نظر تیپ اقلیمی به سه نوع شامل نوع ایندیکا، نوع ژاپونیکا و نوع جاوانیکا تقسیم می‌شود (Warrier et al., 2011) که اطلاعات مربوط به هر یک در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. صفات زیر گونه‌های گونه‌ی *Oryza sativa* (Warrier et al., 2011)

| صفات            | ایندیکا       | ژاپونیکا    | جاوانیکا   |
|-----------------|---------------|-------------|------------|
| جوانه‌زنی       | بالا          | کم          | کم         |
| قد              | بلند          | متوسط       | بلند       |
| اسکان (Lodging) | آسان          | آسان نیست   | آسان نیست  |
| دوره‌ی نوری     | حساس          | حساس نیست   | حساس نیست  |
| سرما            | حساس          | متحمل       | متحمل      |
| شکستگی دانه     | آسان          | آسان نیست   | آسان نیست  |
| تیپ دانه        | متوسط تا طویل | کوتاه و گرد | بزرگ و زبر |

ارقام مختلف برنج را می‌توان در دسته‌بندی‌های مختلف از جمله طبقه‌بندی از نظر گیاه‌شناسی: دانه بلند، دانه متوسط و دانه گرد یا کوتاه، طبقه‌بندی از نظر وزن هزار دانه: دانه‌های خیلی سنگین، دانه‌های سنگین و دانه‌های متوسط، طبقه‌بندی بر اساس سازمان خواربار و کشاورزی (FAO): دانه‌های خیلی طویل، دانه طویل، دانه متوسط و دانه کوتاه و طبقه‌بندی برنج‌های ایران از نظر مشخصات ظاهری: ۱- برنج‌های دانه بلند: شامل انواع برنج‌های صدری (ارقام دم‌سیاه، دم سفید، علی کاظمی، هاشمی و ...) و انواع طارم (ارقام سنگ طارم، موسی طارم، طارم دیلمانی، طارم محلی و ...)، ۲- برنج‌های دانه متوسط: شامل انواع بینام و انواع

چمپا. ۳- برنج‌های دانه کوتاه (گرده مولائی، گرده کلات، عنبر بو و ...). و ۴- ارقام پر محصول (اصلاح شده‌ی برنج): شامل انواع دانه بلند پر محصول (خزر، سپیدرود، ندا، نعمت، هراز، فجر، شیروودی و ...)، دانه متوسط پر محصول (سازندگی و زاینده‌رود) و دانه کوتاه پر محصول (گروه ۳۴۶، فوجی مینوری) قرار داد (زمانی و علیزاده، ۱۳۸۸). در طبقه‌بندی دیگری که توسط وزارت کشاورزی انجام گرفته است ارقام مختلف برنج در ایران را به زیر شاخه‌های وارسته دانه بلند مرغوب، دانه بلند پر محصول، دانه متوسط مرغوب، دانه متوسط پر محصول و دانه کوتاه تقسیم کرده‌اند (رشیدی، ۱۳۷۷).

با در نظر گرفتن این موضوع که تاکنون پژوهش‌های ارزشمندی در زمینه طبقه‌بندی رقم‌های مختلف برنج صورت گرفته است. اما تجزیه و تحلیل ارقام مختلفی از یک محصول در یک منطقه خاص از لحاظ شاخص‌های عملکرد (مقدار محصول تولیدی)، مقدار آب مصرف شده، درآمد خالص، انرژی مصرفی و هزینه‌های تولید که از دیگر پارامترهای اصلی در طبقه‌بندی رقم‌های مختلف برنج می‌باشد در پژوهش‌های قبلی مورد توجه قرار نگرفته است. با در نظر گرفتن اهمیت تولید محصول استراتژیک برنج در ایران، هدف از این مطالعه بررسی این شاخص‌ها در تولید ارقام مختلف شلتوک برنج در استان گلستان به منظور خوشه‌بندی رقم‌های مختلف شلتوک با استفاده از تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی است.

## مواد و روش‌ها

روش پژوهش در این تحقیق توصیفی تحلیلی است. به منظور خوشه‌بندی رقم‌های برنج تحت کشت در استان گلستان، در این تحقیق از تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی استفاده شده است. در روش سلسله مراتبی، روند خوشه‌ای کردن از یک خوشه بزرگ که تمام ارقام را پوشش می‌دهد، آغاز می‌گردد و در هر مرحله رقم‌هایی که از همگنی کمتری برخوردارند از خوشه اولیه جدا شده و خوشه‌های جدید ایجاد می‌نمایند. این فرآیند تا جایی ادامه می‌یابد که ارقام با شباهت بیشتر با یکدیگر در یک خوشه خاص قرار گیرند (پویا و حکیم زاده، ۱۳۹۴).

اطلاعات مربوط به ارقام تحت کشت در منطقه مورد مطالعه با مصاحبه چهره به چهره با کشاورزان به دست آمد. در این پژوهش، شاخص‌های عملکرد (شلتوک برنج)، مقدار آب مصرف شده، درآمد خالص، انرژی مصرفی و هزینه کل برای طبقه‌بندی رقم‌های مختلف برنج مدنظر قرار گرفت. معادل‌های انرژی و شاخص‌های انرژی و اقتصادی مطابق با روش‌های استاندارد برآورد گردید (نیکخواه و همکاران، ۱۳۹۳؛ طاهری‌راد و همکاران، ۱۳۹۴). باتوجه به نتایج بررسی‌های به عمل آمده در استان گلستان، ارقام شلتوک که تحت بیش‌ترین سطح زیر کشت بودند شامل فجر، دم‌سیاه، ندا، طارم سنگی، طارم محلی، طارم هاشمی و شیروودی می‌شوند. مقدار متوسط اطلاعات مربوط به هر رقم در پنج شاخص عملکرد (شلتوک برنج)، مقدار آب مصرف شده، درآمد خالص، انرژی مصرفی و هزینه کل در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲. مقدار متوسط هر یک از شاخص‌های ارقام تحت کشت در منطقه مورد مطالعه (در هر هکتار)

| ارقام      | شاخص‌ها          |                         |                       |                                 |
|------------|------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------------|
|            | هزینه<br>(تومان) | انرژی مصرفی<br>(مگاژول) | درآمد خالص<br>(تومان) | مقدار آب مصرف شده<br>(متر مکعب) |
| فجر        | 6745372.6        | 107881.9                | 7793405.2             | 14640.8                         |
| دمسیاه     | 6448145.9        | 99867.3                 | 5531493               | 13428.8                         |
| ندا        | 6525109.2        | 108783.6                | 4204832               | 15833.6                         |
| طارم سنگی  | 6668772.6        | 75259.9                 | 6327894.1             | 13644                           |
| طارم محلی  | 6520664.2        | 91342.3                 | 4607585.8             | 12419.3                         |
| طارم هاشمی | 6705066.1        | 73638.2                 | 3810934               | 12226.3                         |
| شیرودی     | 6252314.5        | 102970.1                | 5201578.4             | 14646.9                         |

به منظور بی‌مقیاس‌سازی ارقام از نرم خطی (روابط ۱ و ۲) در این تحقیق استفاده شده است.

$$\frac{a_{ij}}{\max(a_{ij})} \quad \forall i \& j \quad (1)$$

$$\frac{\min(a_{ij})}{a_{ij}} \quad \forall i \& j \quad (2)$$

در روابط ۱ و ۲ نشان دهنده مقدار گزینه نام در شاخص زام است. اگر شاخص مثبت دارای وجهه مثبت باشد از رابطه یک و در غیر اینصورت از رابطه ۲ استفاده می‌شود. لازم به ذکر است پس از نرمال سازی با روابط ۱ و ۲ تمام این اعداد بدون بعد می‌شوند، یعنی هر چه مقدار گزینه نام در شاخص زام بیشتر باشد آن گزینه دارای عملکرد بهتری در آن شاخص است.

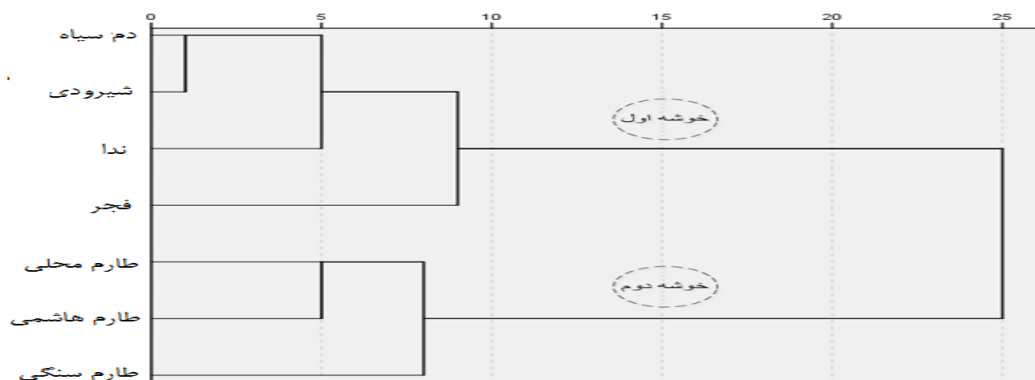
## نتایج و بحث

در این تحقیق جهت تحلیل تاکسونمیک و بدلیل اکتشافی بودن و حجم نمونه نسبتاً کم، از تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی استفاده شد (تقوایی و همکاران ۱۳۹۱). اطلاعات بی بعد شده‌ی هر رقم در شاخص‌های مورد مطالعه در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳. اطلاعات بی‌مقیاس شده‌ی هر رقم در شاخص‌های مورد مطالعه

| ارقام      | شاخص‌ها |             |            |                   |              |
|------------|---------|-------------|------------|-------------------|--------------|
|            | هزینه   | انرژی مصرفی | درآمد خالص | مقدار آب مصرف شده | عملکرد(شالی) |
| فجر        | 0.926   | 0.682       | 1          | 0.835             | 0.9497       |
| دمسیاه     | 0.969   | 0.737       | 0.71       | 0.91              | 0.550        |
| ندا        | 0.958   | 0.676       | 0.539      | 0.772             | 1            |
| طارم سنگی  | 0.937   | 0.978       | 0.812      | 0.896             | 0.601        |
| طارم محلی  | 0.958   | 0.806       | 0.591      | 0.984             | 0.566        |
| طارم هاشمی | 0.932   | 1           | 0.489      | 1                 | 0.492        |
| شیرودی     | 1       | 0.715       | 0.667      | 0.834             | 0.905        |

در شکل ۱ خوشه‌بندی ارقام شلتوک تحت کشت در منطقه مورد مطالعه که به کمک نرم افزار آماری spss به دست آمده است، ارائه شده است.



شکل ۱. نمودار دندوگرام ۷ رقم شلتوک تحت کشت در استان گلستان

همان‌گونه که در نمودار دندوگرام فوق مشهود است فاصله ۲۵ به عنوان معیار مناسبی برای تمایز بین ارقام برنج تحت کشت در نظر گرفته شده است، زیرا نمی‌توان آن خوشه‌ها را با یکدیگر ترکیب نمود. بنابراین نتایج حاصل از تحلیل خوشه‌ای ارقام تحت کشت شلتوک برنج در منطقه مورد مطالعه دو خوشه می‌باشد (جدول ۴). نتایج نشان داد که رقم‌های فجر، دم سیاه، ندا و شیرودی در خوشه یک قرار گرفتند و خوشه دو نیز شامل ارقام طارم سنگی، طارم محلی و طارم هاشمی بود.

جدول ۴. خوشه‌بندی ۷ رقم تحت کشت شلتوک در منطقه مورد مطالعه

| شماره خوشه | نام خوشه       | اعضای خوشه         | میانگین شاخص‌ها      |                   |            |             |
|------------|----------------|--------------------|----------------------|-------------------|------------|-------------|
|            |                |                    | عملکرد (شلتوک)       | مقدار آب مصرف شده | درآمد خالص | انرژی مصرفی |
| ۱          | محصولات        | فجر، دم‌سیاه، نداء | 0.851                | 0.838             | 0.729      | 0.963       |
|            | اقتصادی        | شیرودی             | <u>1<sup>b</sup></u> | <u>2</u>          | <u>1</u>   | <u>1</u>    |
| ۲          | محصولات پایدار | طارم سنگی، طارم    | 0.553                | 0.96              | 0.63       | 0.943       |
|            |                | محلی، طارم هاشمی   | <u>2</u>             | <u>1</u>          | <u>2</u>   | <u>2</u>    |

b: رتبه هر خوشه در شاخص‌ها

### نام‌گذاری خوشه‌ها

در بخش تفسیر خوشه‌ها مهم‌ترین قدم، تعیین نام مناسب برای هر خوشه است. جهت نام‌گذاری خوشه‌ها از رتبه هر خوشه در شاخص‌ها مطابق جدول ۳ استفاده شد. در نتیجه بررسی، دو خوشه ارقام تحت کشت به ترتیب با نام‌های زیر ارائه گردید.

### خوشه یک: محصولات اقتصادی

با مقایسه میانگین شاخص‌ها در هر خوشه مشخص شد که خوشه یک در سه شاخص عملکرد، درآمد خالص و هزینه از خوشه دیگر امتیاز بالاتری دارد از آنجایی که این شاخص‌ها به بعد اقتصادی کشت برنج مربوط می‌شود لذا این خوشه به نام "محصولات اقتصادی" نام‌گذاری شد. در مطالعه دیگری مزیت نسبی ارقام گوناگون برنج در استان مازندران مورد بررسی قرار گرفت. برای تعیین مزیت نسبی ارقام گوناگون برنج در مازندران (دانه بلند مرغوب، دانه بلند پر محصول، دانه متوسط مرغوب و دانه کوتاه) از شاخص هزینه منابع داخلی در بین سال‌های ۱۳۶۰ تا ۱۳۸۶ استفاده شد. با محاسبه شاخص هزینه منابع داخلی مشخص شد که در دوره موردنظر و در استان مازندران، تولید برنج دانه بلند مرغوب بین سال‌های ۷۶ تا ۸۶، برنج دانه بلند پر محصول و دانه متوسط مرغوب بین سال‌های ۷۹ تا ۸۶ و برنج دانه کوتاه در سال ۷۸ و بین سال‌های ۸۰ تا ۸۶ از مزیت نسبی برخوردار بود (گودرزی، ۱۳۸۸).

### خوشه دو: محصولات پایدار

خوشه دوم در بین شاخص‌های مورد بررسی در دو شاخص مقدار آب مصرف شده و انرژی مصرفی عملکرد بهتری نسبت به خوشه اول دارد. از آنجایی که این دو شاخص در تداوم کشت و حفظ محیط زیست تاثیر به‌سزایی دارد، این خوشه به نام "محصولات پایدار" نام‌گذاری شد. در پژوهشی با هدف دست‌یابی به روش کاشت، ارقام مناسب برنج و مطلوب‌ترین شرایط کشت، آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار با فاکتور روش کاشت (سنتی، مکانیزه و مستقیم بذر)، فاکتور رقم

(برکت، علی کاظمی، هاشمی) و فاکتور شرایط کشت (با ماهی و بدون ماهی) در سال ۱۳۸۹ در آستارا انجام گرفت. رقم محلی هاشمی به جهت دارا بودن بالاترین عملکرد شلتوک در روش نشا کاری مکانیزه تحت شرایط کشت توام با ماهی، مناسب ترین رقم، روش و شرایط کاشت گزارش شد (سعیدزاده، ۱۳۹۰). پیردشتی و همکاران (۲۰۱۵) نیز معتقدند که کشت برنج به همراه پرورش اردک منجر به افزایش کارایی انرژی سامانه تولیدی و افزایش شاخص پایداری تولید می‌گردد. در این تحقیق به منظور تعیین صحت خوشه‌بندی انجام شده از تحلیل تشخیصی استفاده شده است. جدول ۵ مقدار لامبدای ویلکس توابع تشخیصی را نشان داده و مشخص می‌کند که توابع تشخیصی استفاده شده برای تفکیک گروه‌ها معنادار و بالتبع مناسب است ( $P\text{-value} < 0.05$ ) که این به معنی وجود تفاوت معنادار در بین دو گروه است (پویا و احمدی منش، ۱۳۹۴).

جدول ۵. لامبدای ویلکس تابع تشخیصی

| تابع | لامبدای ویلکس | Chi-square | P-value |
|------|---------------|------------|---------|
| 1    | 0.223         | 6.747      | 0.009   |

## نتیجه‌گیری

تجزیه و تحلیل ارقام مختلفی از یک محصول در منطقه خاص از لحاظ شاخص‌های عملکرد (مقدار محصول تولیدی)، مقدار آب مصرف شده، درآمد خالص، انرژی مصرفی و هزینه‌های تولید از ضرورت‌های مهم در بررسی سامانه‌های تولید محصولات کشاورزی می‌باشد. باتوجه به نتایج بررسی‌های به عمل آمده در استان گلستان، ارقام شلتوک که تحت بیشترین سطح زیر کشت بودند شامل فجر، دم‌سیاه، ندا، طارم سنگی، طارم محلی، طارم هاشمی و شیروودی می‌شود. نتایج حاصل از تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی ارقام تحت کشت شلتوک برنج در منطقه مورد مطالعه نشان داد که ارقام شلتوک برنج در استان گلستان شامل دو خوشه می‌باشد. خوشه یک شامل ارقام فجر، دم‌سیاه، ندا و شیروودی با توجه به مقایسه میانگین شاخص‌ها خوشه محصولات اقتصادی و خوشه دوم شامل ارقام طارم سنگی، طارم محلی و طارم هاشمی با توجه به شاخص‌های مقدار آب مصرف شده و انرژی مصرفی خوشه محصولات پایدار است.

## منابع

پویا، ع.، احمدی منش، م.، ۱۳۹۴. سنجش عوامل مؤثر بر تمایز دانشگاه‌های برتر ایران و جهان در نظام رتبه‌بندی لیدن با استفاده از تحلیل تشخیصی. فصلنامه سیاست علم و فناوری. ۷(۴): ۱۷ تا ۳۰.



پویا، ع.، حکیم زاده، م.، گروه‌بندی بافت‌های فرسوده شهری در استان خراسان رضوی. فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای. ۵(۱۸): ۱۵ تا ۲۶.

پیردشتی، ه.، نصیری، م. و پشت مساری، ح.ک. ۱۳۸۵. راتون مبحثی نوع در زراعت برنج. نشر حق شناس، تهران.  
تقوایی، م.، بسحاق، م. و سالاروند، الف. ۱۳۹۱. آزمون فرضیه‌های پژوهش با استفاده از SPSS، انتشارات معظمی. چاپ اول. اصفهان.

درگاه ملی آمار. ۱۳۹۲. گزارش اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی استان گلستان. قابل دسترس در <http://www.amar.org.ir>.  
رویت شده در ۱۳۹۲/۱۱/۷.

رشیدی، ح. ۱۳۷۷. بررسی اثر وارپته بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی برنج و نشاسته برنج. پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.

زمانی، ق. و عزیززاده، م.ر. ۱۳۸۸. شناخت برنج ایران. انتشارات پلک، تهران.  
سعیدزاده، ف. ۱۳۹۰. تاثیر روش‌های مختلف کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام برنج (*Oryza sativa L.*) در شرایط کاشت توام برنج و ماهی و تک کشتی برنج، ۳(۱۱)، صفحات ۱۰۶-۹۵.

صحراگرد، الف. و خداپرست، الف. (ترجمه). ۱۳۸۳. بیماری‌های برنج. رابرت کی. وبستر، پاملا اس. گانل. جلد اول. چاپ اول. انتشارات مرکز نشر دانشگاهی، تهران.

طاهری راد، ع.، نیکخواه، الف.، خجسته پور، م. و نوروزیه، ش. ۱۳۹۴. بررسی انتشار گازهای گلخانه‌ای، تحلیل انرژی و هزینه‌های تولید پنبه در استان گلستان. نشریه ماشین‌های کشاورزی، ۵(۲)، ۴۴۵-۴۲۸.

گودرزی، م. ۱۳۸۸. تعیین مزیت نسبی ارقام گوناگون برنج در استان مازندران، مجله‌ی تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۱(۱)، صفحات: ۵۶-۳۵.

نیکخواه، ا.، عمادی، ب.، شعبانیان، ف. و حمزه کلکناری، ه. ۱۳۹۳. تحلیل حساسیت انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید چای در استان گیلان. بوم‌شناسی کشاورزی، ۶(۳)، ۶۲۲-۶۳۳.

Warrier, R., Tripathi, K.K., Ahuja, V., Govila, O.P. 2011. Biology of *Oryza sativa L.* (rice). New Delhi: Ministry of Environment and Forests, Department of Biotechnology.

Hemmatollah Pirdashti & Mohsen Pirdashti & Mahmood Mohammadi & Mohammad Gharavi Baigi & Kamyar Movagharnejad. 2015. Efficient use of energy through organic rice-duck mutualism system. DOI 10.1007/s13593-015-0311-4