مقایسه تحمل به یخزدگی گندم (*Triticum aestivum* L.) و جودره (*Hordeum spontaneum* Koch) در شرایط کنترل‌شده

علیرضا حسن‌فرد[۱]، ابراهیم ایزدی‌دربندی[۲*]، مرضیه عظیمی[۳]

[۱]دانشجوی دکتری علوم علف‌های‌هرز، [۲]دانشیار و [۳]دانشجوی کارشناسی‌ارشد شناسایی و مبارزه با علف‌های هرز گروه زراعت و اصلاح‌نباتات دانشگاه فردوسی مشهد

izadi@um.ac.ir

چکیده

یخبندان‌های زودرس پاییزه می‌توانند سبب خسارات قابل‌توجهی در مراحل اولیه رویش غلات شوند. از طرفی آلودگی این مزارع به علف‌های هرز پاییزه نیز می‌تواند به‌عنوان عامل رقابتی برای محصول زراعی تلقی شود. به همین منظور آزمایشی برای بررسی تحمل به یخزدگی گندم رقم پیشگام و گیاه مهاجم جودره در پاییز ۱۳۹۶ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. گیاهان در مرحله دو برگی در معرض تنش یخزدگی (دماهای ۴+، صفر، ۴- ، ۸- ، ۱۲- ، ۱۶- ، ۲۰- درجه سانتی‌گراد) قرار گرفتند. جهت تعیین میزان خسارت وارد شده به غشای سلولی درصد نشت الکترولیت‌ها از برگ گیاهان مورد ارزیابی قرار گرفت. ۲۱ روز پس از اعمال تنش یخزدگی، بقاء گیاهان نیز به‌عنوان متداول‌ترین و دقیق‌ترین روش جهت اندازه‌گیری میزان تحمل به یخزدگی گیاهان محاسبه شد. نتایج نشان داد که هرچند نشت الکترولیت‌ها با کاهش دماهای یخزدگی افزایش یافت، اما این روند افزایشی تا دمای ۸- درجه سانتی‌گراد معنی‌دار نبود. با کاهش دما از ۸- به ۱۲- و از ۱۲- به ۱۶- درجه سانتی‌گراد درصد نشت الکترولیت‌ها با شیب تندتری افزایش یافت و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد به حداکثر میزان خود رسید. همچنین درصد بقای گیاه گندم تا دمای ۱۲- درجه سانتی‌گراد تحت تأثیر دماهای یخزدگی قرار نگرفت و گیاهان به‌طور کامل به بقای خود تا دمای مذکور ادامه دادند. این در حالی است که جودره بقای کامل خود را تا دمای ۸- درجه سانتی‌گراد حفظ نمود و کاهش دما از ۸- به ۱۲- درجه سانتی‌گراد سبب کاهش ۳۶ درصدی بقاء در این گیاه شد. در دمای ۱۶- درجه سانتی‌گراد تمام گیاهان (گندم و جودره) در اثر شدت تنش یخزدگی از بین رفتند و زنده‌مانی آن‌ها صفر شد. به‌طورکلی در این آزمایش گندم و جودره به ترتیب تا دماهای ۱۲- و ۸- درجه سانتی‌گراد را به‌خوبی تحمل کردند و بقای کامل خود را حفظ نمودند.

واژه های کلیدی: بقاء، علف‌های هرز، غشای سلولی، نشت الکترولیت‌ها

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) مهم‌ترین محصول زراعی در الگوی غذایی بشر می‌باشد که به‌عنوان کالایی کلیدی در جهان به لحاظ ارزش تجاری و تأمین امنیت غذایی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است (۳). یکی از موانع اصلی تولید گندم در جهان، آلودگی مزارع به گیاهان مهاجمی همچون جودره (*Hordeum spontaneum* Koch) می‌باشد. جودره گیاهی است علفی، یک‌ساله و زمستانه که به‌عنوان علف‌هرز مهاجم و مهم مزارع گندم و جو (*Hordeum vulgare*) به‌ویژه در استان‌های خوزستان، فارس، کرمانشاه و خراسان رضوی به شمار می‌رود؛ همچنین این گیاه از جمله گیاهان متحمل به علف‌کش‌ها نیز شناخته می‌شود (۲). از آنجایی که توان رقابتی گونه های رقیب و کنترل آنها (بویژه کنترل شیمیایی با کاربرد علف‌کش‌ها) تحت تاثیر مستقیم عوامل اقلیمی و تنش‌های مربوطه است، ارزیابی تحمل و شایستگی نسبی آنها به تنش‌ها، می تواند به عنوان شاخصی مهم در این ارتباط مد نظر قرار گیرد. در همین ارتباط تنش دماهای پایین و به‌ویژه تنش یخزدگی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده در رشد غلات پاییزه محسوب می‌شود (۸). نتایج مطالعات بر روی گیاهان مختلف حاکی از آن است که با کاهش دما غشای سلولی آسیب دیده و نشت الکترولیت‌ها افزایش و در نتیجه درصد بقاء کاهش می‌یابد (۴و ۷).

بنابراین وجود همبستگی بالا بین این دو عامل معیار مناسبی از شدت و میزان خسارت تنش یخزدگی تلقی می‌شود. از سوی دیگر تداوم انسجام غشاء پلاسمایی، یکی از عوامل مهم در بقای گیاه در شرایط تنش یخزدگی است و هرگونه اختلال در ساختار غشاء، سبب بروز خسارت در گیاه و حتی مرگ آن‌ها خواهد شد (۵).

ارزیابی تحمل به یخزدگی در گیاه جودره به‌عنوان علف‌هرز رقیب گندم و مقایسه آن از نظر این خصوصیت با گندم احتمالاً رهیافتی مناسب درزمینه کنترل این علف‌هرز مهاجم تلقی شود. با توجه به عدم وجود اطلاعاتی در این خصوص، آزمایش حاضر به منظور بررسی تحمل به یخزدگی علف‌هرز جودره در مقایسه با گندم انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در پاییز سال ۱۳۹۶ در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در این آزمایش رقم پیشگام گندم (مناسب جهت کاشت در اقلیم سرد) و جودره در معرض تنش یخزدگی (دماهای ۴+، صفر، ۴-، ۸-، ۱۲-، ۱۶-، ۲۰- درجه سانتی‌گراد) قرار گرفتند. برای رفع خواب بذر جودره از تیمار با محلول نیترات پتاسیم دو درصد در دمای یخچال (۵ درجه سانتی گراد) و به مدت یک هفته استفاده شد. کشت در گلدان‌های پلاستیکی با قطر ۱۰ سانتی‌متر حاوی خاک مزرعه صورت پذیرفت و جهت اعمال خوسرمایی[1]گیاهان در شرایط محیطی خارج از گلخانه رشد کردند. پس از رشد گیاهان و رسیدن به مرحله دوبرگی گیاهان برای قرارگیری در معرض تنش یخزدگی به فریزر ترموگرادیان منتقل شدند. دمای فریزر در شروع آزمایش پنج درجه سانتی گراد بود و پس از قرار دادن نمونه‌ها دما با سرعت دو درجه سانتی گراد در ساعت کاهش یافت. به‌منظور ایجاد هستک یخ در گیاه و اجتناب از بروز پدیده فرا سرمایی، در دمای ۳- درجه سانتی‌گراد اسپری باکتری‌های ایجادکننده هستک یخ[2]به‌طور یکنواخت روی گیاهان صورت گرفت. گیاهان در هر یک از دماهای مورد نظر به مدت یک ساعت تحت تنش قرار گرفتند. سپس از فریزر خارج شده و به اتاقک رشد با دمای پنج درجه سانتی‌گراد به مدت یک‌شب جهت بازیافت منتقل شدند. روز بعد از اعمال تیمار یخزدگی اقدام به آزمون نشت الکترولیت‌ها شد. برای اندازه‌گیری میزان نشت الکترولیت‌ها از هر گلدان یک بوته کامل جدا شد و اندام‌های برگ آن داخل ویال های حاوی ۵۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه قرار گرفتند. ویال های حاوی نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در محیط آزمایشگاه قرار گرفتند و در مرحله بعد EC[3]یا هدایت الکتریکی هر نمونه با استفاده از دستگاه رسانایی سنج الکتریکی[4](مدل JENWAY) آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهان زراعی اندازه‌گیری و به‌عنوان EC_1 ثبت شد. به‌منظور تعیین میزان کل نشت الکترولیت‌ها در اثر مرگ سلول، و یال‌ها به اتوکلاو با دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱/۲ اتمسفر انتقال و به مدت ۳۰ دقیقه نگهداری شدند. ویال های حاوی نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در محیط آزمایشگاه قرار گرفت و هدایت الکتریکی آنها تحت عنوان EC_2 مجدداً اندازه‌گیری و ثبت شد. در ادامه درصد نشت الکترولیت‌ها با استفاده از معادله (۱) محاسبه شد.

معادله (۱) $\text{درصد نشت الکترولیت‌ها} = EC_1/EC_2 \times 100$

سپس گلدان‌ها به گلخانه منتقل شدند و پس از ۲۱ روز، درصد بقاء[5]گیاهان نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. برای تعیین درصد بقای گیاهان تعداد گیاهان زنده قبل از یخزدگی (B) و ۲۱ روز پس از اعمال تنش یخزدگی (A) شمارش و درصد بقاء از طریق معادله (۲) محاسبه شد.

1Cold acclimation
2Ice Nucleation Active Bacteria (INAB)
3Electrical Conductivity (EC)
4Electrical conductivity meter
5Survival Percentage (SU%)

معادله (۲) $SU\%= (A/B) \times 100$

تجزیه‌وتحلیل آماری کلیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Minitab 18 و برنامه Excel انجام شد. همچنین مقایسه میانگین داده‌ها نیز توسط آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

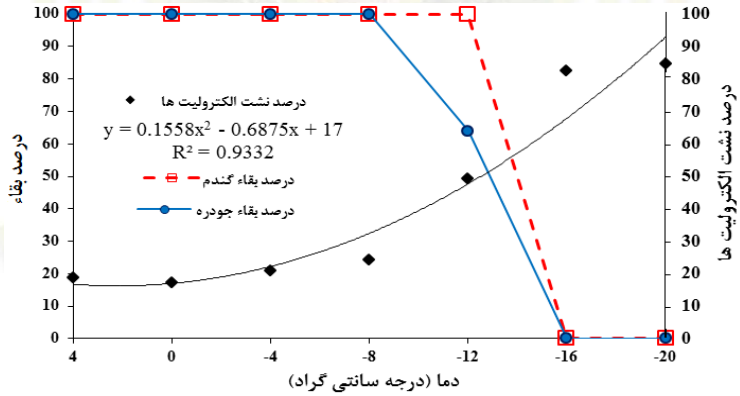
نتایج و بحث

نتایج نشان دادند که اثر دماهای یخزدگی بر نشت الکترولیت‌ها معنی‌دار بود (جدول ۱). در این آزمایش کمترین و بیشترین نشت الکترولیت‌ها به ترتیب در دماهای صفر و ۲۰- درجه سانتی گراد و به میزان ۱۷ و ۸۴ درصد مشاهده شد (شکل ۱). ایزدی دربندی و همکاران (۶) نیز در آزمایشی مشابه در یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* L.) نشان دادند که کمترین و بیشترین میزان نشت الکترولیت‌ها در دمای ۳- و ۱۸- درجه سانتی‌گراد صورت گرفت.

جدول ۱- منابع تغییر، درجه آزادی و میانگین مربعات درصد نشت الکترولیت‌ها و درصد بقاء گیاه گندم و جودره پس از اعمال دماهای یخزدگی

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد نشت الکترولیت‌ها	درصد بقاء
گیاه	۱	۹۹۲**	۲۷۸**
دما	۶	۵۴۱۴**	۱۳۵۳۵**
دما×گیاه	۶	۴۷ns	۲۷۸**
خطا	۲۸	۱۲۳	۱۱
ضریب تغیرات (CV%)		۲۵/۸	۵/۰

**و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و غیر معنی‌دار



شکل ۱- منحنی درصد نشت الکترولیت‌ها (منحنی برازش داده‌شده) و درصد بقاء گندم و جودره در دماهای یخزدگی، مقدار عدد LSD در سطح احتمال پنج درصد برای درصد نشت الکترولیت‌ها و درصد بقاء به ترتیب ۱۳/۱ و ۵/۶ است.

هرچند تفاوت نشت الکترولیت‌ها با کاهش دما از ۴+ به ۸- درجه سانتی‌گراد غیر معنی‌دار بود اما با کاهش دما از ۸- به ۱۲- درجه سانتی‌گراد نشت مواد از سلول‌ها به میزان ۲۵ درصد افزایش نشان داد. با کاهش دما از ۱۲- به ۱۶- درجه سانتی‌گراد شیب افزایش نشت الکترولیت‌ها بطور معنی‌داری تشدید شد. به‌طوری‌که از ۴۹ درصد نشت الکترولیت‌ها در دمای ۱۲- درجه سانتی‌گراد به ۸۲ درصد نشت الکترولیت‌ها در دمای ۱۶- درجه سانتی‌گراد رسید. نتایج ارزیابی وضعیت غشاء چند گونه علف چمنی پس از تنش یخزدگی نشان داد که افزایش نشت الکترولیت‌ها از دمای ۷/۵- درجه سانتی‌گراد شروع شد و در دمای ۱۶/۵- درجه سانتی گراد درنتیجه افزایش اختلال در ساختار غشاء با حدود ۹۰ درصد نشت الکترولیت ها به حداکثر میزان خود رسید (۹).

نتایج حاصل از برهمکنش گیاه (گندم و جودره) و دمای یخزدگی بر درصد بقاء معنی‌دار بود (جدول ۱). بر همین اساس هرچند در گندم بقاء گیاهان تا دمای ۱۲- درجه سانتی‌گراد تحت تأثیر قرار نگرفت و گیاهان بدون خسارت مشاهده شدند، اما در جودره آستانه تحمل تا دمای ۸- درجه سانتی‌گراد بود (شکل ۱). به‌طوری‌که کاهش دما از ۸- به ۱۲- درجه سانتی‌گراد سبب کاهش ۳۶ درصدی بقاء در جودره شد. به‌عبارتی‌دیگر جودره نسبت به گندم به دماهای یخزدگی واکنش سریع‌تری نشان داده است و علی‌رغم بقای ۱۰۰ درصد گندم در دمای ۱۲- درجه سانتی‌گراد، جودره در دمای مذکور با ۶۴ درصد بقاء خسارت قابل‌توجهی را داشته است. با کاهش دما از ۱۲- به ۱۶- درجه سانتی‌گراد سبب از بین رفتن کامل گیاهان گندم و جودره شد. در همین راستا مطالعه واکنش گیاه چاودار (*Secale cereale* L. cv Puma) به تنش یخزدگی نشان داد که کاهش دما از صفر به ۱۰- درجه سانتی‌گراد سبب کاهش بقاء از ۱۰۰ درصد به حدود صفر درصد می‌شود (۱۰). همچنین نتایج آزمایش عزیزی و همکاران (۱) در ارزیابی تحمل به یخزدگی در گندم نشان داد که با کاهش دماهای یخزدگی میزان بقاء در ارقام مختلف کاهش می‌یابد که این مقدار کاهش در ارقام مختلف، متفاوت گزارش شد.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی کاهش دماهای یخزدگی در مرحله دوبرگی گندم و جودره سبب افزایش نشت الکترولیت‌ها شد. کمترین و بیشترین میزان نشت الکترولیت‌ها و یا به عبارتی کمترین و بیشترین میزان خسارت به غشای سلولی در دماهای صفر و ۲۰- درجه سانتی‌گراد اتفاق افتاد. کاهش معنی‌دار درصد بقاء در دو گیاه گندم و جودره به ترتیب در دماهای ۱۲- و ۸- درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. به این ترتیب در شرایط کنترل‌شده علف‌هرز جودره در رقابت با گندم پاییزه رقم پیشگام توان کمتری برای تحمل به دماهای یخزدگی نشان داد. این موضوع حاکی از آن است که مناطقی با متوسط دمای کمتر از ۸- درجه سانتی‌گراد می‌تواند به‌عنوان محدودیتی برای پراکنش جودره باشد. با توجه به تحمل بیشتر گندم نسبت به جودره احتمالاً تغییر تاریخ کاشت گندم پاییزه در مناطقی با شرایط دمایی مذکور می تواند در مدیریت و کنترل علف‌هرز جودره موثر باشد که نیاز به ازمایش های تکمیلی در این زمینه است.

منابع

1. Azizi, H., Nezami, A., Nassiri, M., Khazaie, H.R., 2007. Evaluation of cold tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under controlled conditions. Iranian Journal of Field Crops Research. 5: 109-121. [In Persian with English Summary].

2. Baghestani Maybodi, M.A., Sayedipour, H., Zand, E., Minbashi-moeini, M., Maighani, F and Lashkari A. 2009. Integrated management of wild barley (*Hordeum spontaneum* Koch) in wheat field under stale seedbed condition. Jouranl of Agroecology. 1: 81-89. [In Persian with English Summary].

3. Enghiad, A., Ufer, D., Countryman, A.M and Thilmany, D.D. 2017. An Overview of Global Wheat Market Fundamentals in an Era of Climate Concerns. International Journal of Agronomy. Article ID 3931897, 15 pages.

4. Fowler, D.B., Byrns, B.M. and Greer, K.J. 2014. Overwinter Low-Temperature Responses of Cereals: Analyses and Simulation. Crop science 54: 2395- 2405.

5. Han, B, and Bischof, J.C. 2004. Direct cell injury associated with eutectic crystallization during freezing. Cryobiology. 48: 8-21.

6. Izadi- Darbandi, E., Nezami, A., Abbasian, abbas., Heidari, M. 2012. Evaluation of freezing tolerance of wild oat (*Avena ludoviciana* L.) using electrolyte leakage test. Environmental stresses in crop sciences. 5: 81-94. [In Persian].

7. Luo, Q. 2011. Temperature thresholds and crop production. Climatic Change. 109: 583 - 598.

8. Mishra, P.K., Bisht, S.C., Ruwari, P., Selvakumar, G., Joshi, J.K., Bisht, J.K., Bhatt, J.C and Gupta, H.S. 2011. Alleviation of cold stress in inoculated wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings with psychrotolerant Pseudomonads from NW Himalayas. Arch Microbiol. 193: 497-513.

9. Nezami, A., Rezaei, J., Alizadeh, B. 2010. Evaluation of Cold Stress Tolerance in Several Species of Grasses by Electrolyte Leakage Test. Journal of Water and Soil. 24: 1019-1026. [In Persian with English Abstract].

10. Steponkus, P.L., Uemura, M., Balsamo, R.A., Arvinte, T., and Lynch, D.V. 1988.Transformation of the cryobehavior of rye protoplasts by modification of the plasma membrane lipid composition. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States. 85: 9026-9030.

Comparison of freezing tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) and wild barley (*Hordeum spontaneum* Koch) in controlled conditions

Alireza Hasanfard[1], Ebrahim Izadi-Darbandi[2]*, Marzieh Azimi[3]
[1]Ph.D. Student of Weed Science, [2]Associate Professor, and [3]M.Sc. Student Weed Science
Department of Agronomy and Plant Breeding, Ferdowsi University of Mashhad
*e-izadi@um.ac.ir

Abstract

Early freezing of autumn can cause remarkable damage to crops in the early stages of growth. On the other hand, infestation of fields to autumn weeds can be considered as a competitive factor for crop production. For this purpose, an experiment was conducted to study freezing tolerance of wheat (*Triticum aestivum* var. Pishgam) and wild barley (*Hordeum spontaneum* Koch) during autumn of 2017 in Faculty of Agriculture in Ferdowsi University of Mashhad, Iran as a factorial experiment based on the completely randomized design with three replications. The plants were exposed to freezing stress (+4, 0, -4, -8, -12, -16, and -20 °C) in the two-leaf stage. To determine the amount of damage to the cell membrane, leaf electrolytes leakage were evaluated. 21 days after freezing stress, treated plants were evaluated for survival as the most common and the most accurate methods for measuring of freezing tolerance. The results showed that electrolyte leakage increased with decreasing freezing temperatures, but it was not significant to -8°C. By decreasing of temperature from -12°C to -16°C, percentage of electrolyte leakage increased with a steeper slope and in -20°C reached to its maximum. Also, the survival percentage of the wheat was not affected by freezing temperatures to -12°C and the plants continued to their survive to mentioned temperature. So that, wild barley kept its full survival to -8°C and decreasing from -8°C to -12°C due to reduction 36% of survival in this plants. In -16°C all of the plants (wheat and wild barley) were destroyed due to the effect of freezing stress and their survival were zero. Generally, in these experiments, wheat and wild barley well tolerated temperatures of -12°C and -8°C respectively, and kept their full survival.

Keywords: Cell membrane, Electrolytes leakage, Survival, Weed