نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد سیزدهم، شماره سوم، پاییز ۹۹
۱۷۸-۱۵۹
http://ejcp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejcp.2021.18055.2335

مدیریت کود نیتروژن تحت تاثیر تنش گرما در دوره گرده‌افشانی کینوا در شرایط شور

فرهاد دهقانی[1*] و حامد رضایی[2]

[1]استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران
[2]موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۹۹/۰٤/۰۷ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۹/۲۰

چکیده

سابقه و هدف: کینوا (*Chenopodium quinoa*) گیاه هالوفیت اختیاری می‌باشد که برای کشت در اراضی شور مورد توجه قرارگرفته است. اگر چه بیش‌تر مطالعات نیاز غذایی کینوا بر مدیریت مصرف نیتروژن متمرکز است ولی شرایط اقلیمی و تولید ارگانیک این گیاه در کشورهای مبداء مانند بولیوی و پرو، باعث شده گیاه از بقایای کود محصول قبلی استفاده کند و مدیریت مصرف کود اوره و سایر عناصر پرمصرف و کم مصرف کم‌تر مورد بررسی قرار گیرد. در این شرایط مصرف بهینه کود خصوصاً کودهای نیتروژنی به منظور جلوگیری از ورس، امکان برداشت مکانیزه و افزایش عملکرد اهمیت زیادی دارد. شرایط اقلیمی تاثیر بسیار زیادی در عملکرد کینوا دارد. مهم‌ترین تنش در فلات مرکزی علاوه بر شوری، تنش گرما در دوره گرده‌افشانی و پرشدن دانه است که موجب کاهش شدید عملکرد می‌شود. هدف از این آزمایش مدیریت بهینه کود نیتروژن در شرایط متغییر محیطی است.

مواد و روش‌ها: به منظور بررسی تعیین نیاز کودی کینوا در شرایط نرمال و تنش گرما در دوره گرده‌افشانی آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در ایستگاه تحقیقات شوری صدوق یزد انجام شد. ترکیبات تیماری شامل ۹ تیمار با مقادیر مختلف نیتروژن (۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) و تقسیط (دو تقسیط هنگام کشت و اوایل غنچه‌دهی و سه تقسیط هنگام کاشت، اوایل غنچه‌دهی و اوایل گلدهی) به‌علاوه یک تیمار شاهد بدون مصرف کود در سه تکرار بود. کشت کینوا رقم تیتیکاکا در تاریخ ۱۱ شهریور ۱۳۹٦ و ۱٦ مرداد ۱۳۹۷ انجام گردید. شوری آب آبیاری بعد از کشت ۸ دسی‌زیمنس بر متر و سپس هر دو هفته یک‌بار با آب شور ۱٤ دسی‌زیمنس بر متر آبیاری شد. بعد از برداشت عملکرد و اجزای عملکرد و درصد نیتروژن دانه اندازه‌گیری شد. میزان کارایی مصرف نیتروژن، سودمندی جزئی، بازیافت نیتروژن مصرفی و میزان درجه روز رشد مورد نیاز هر مرحله رشدی محاسبه گردید. تجزیه داده‌ها در هر سال به دلیل معنی‌دار بودن آزمون بارتلت به‌طور جداگانه با نرم‌افزار SAS v9.1 انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که سطح کاربرد تیمار کودی بر عملکرد و زیست‌توده تولیدی تاثیر معنی‌داری داشت. در سال اول بیش‌ترین عملکرد دانه در سطح کود ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار با عملکرد ۲ تن در هکتار به‌دست آمد. در سطوح پایین کودی کارایی جذب و میزان بازیافت نیتروژن مصرفی بیش‌تر بود و تیمارهای سه تقسیط بهتر از دو تقسیط بود. در سطوح بالای کود تاثیر تقسیط کم‌تر از سطوح پایین‌تر کود بود. میزان برداشت نیتروژن در دسترس در تیمار شاهد ۲/۸ و در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار ٦/۳ گرم در متر مربع بود. بیش‌ترین کارایی بازیافت در تیمار ۵۰ کیلوگرم و ۳ تقسیط مشاهده شد. درصد نیتروژن دانه در

*مسئول مکاتبه: dehghany47@gmail.com

شاهد به‌طور معنی‌داری کم‌تر از تیمارهای کودی بود و بین تیمارهای کودی اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد که نشان دهنده توانایی گیاه در کارایی بازیافت نیتروژن به دانه و حفظ درصد پروتئین در سیستم‌های کم نهاده تحت تنش شوری است. در سال دوم تنش گرما در دوره گرده‌افشانی موجب شد عملکرد دانه و میزان برداشت نیتروژن به ترتیب ٦٢ و ٥٩ درصد کاهش یابد. تاثیر تنش گرمایی در دوره گرده‌افشانی کینوا موجب کاهش کارایی استفاده از کود و کاهش شدید عملکرد شد ولی بر درصد نیتروژن دانه و وزن هزار دانه تاثیری نداشت.

نتیجه‌گیری: نیاز کودی، کارایی استفاده از کود و بازیافت نیتروژن دانه کینوا تحت تاثیر شرایط اقلیمی مختلف تغییر کرد، گرچه درصد نیتروژن تجمع یافته در دانه تغییر معنی‌داری نداشت. بنابراین، نیاز است جهت رسیدن به نتیجه مطلوب مدیریت کودی در شرایط اقلیمی و خاکی متفاوت تعیین شود.

واژه‌های کلیدی: تقسیط، تنش، کود اوره، *Chenopodium quinoa*.

مقدمه

کینوا گیاه بومی منطقه آند در آمریکای جنوبی است که از ٥٠٠٠ تا ٧٠٠٠ سال پیش کشت می‌شده است. کینوا از سطح دریا در شیلی تا ارتفاعات ٤٠٠٠ متری در بولیوی و در ٢ درجه شمالی در کلمبیا تا ٤٠ درجه جنوبی در شیلی کشت می‌گردد. با توجه به سازگاری بالای این گیاه در عرض‌های جغرافیایی بالاتر نیز (کانادا، آمریکای شمالی و اروپا) به عنوان گیاه جدید کشت شده است. کینوا قادر است دامنه دمایی ٨- تا ٣٨ درجه سانتی‌گراد را تحمل کند. تعداد ١٦٤٢٢ خویشاوند وحشی آن در ٥٩ بانک ژن در ٣٠ کشور نگهداری می‌شود (٧). با توجه به سازگاری وسیع این گیاه به عنوان یک گیاه مناسب تغییر اقلیم و متحمل به تنش‌های محیطی مورد توجه قرار گرفته است.

پروتیئن کینوا ٢٢-٨ درصد با کیفیت و تعادل مناسب از اسیدهای آمینه ضروری می‌باشد. میزان اسیدهای آمینه شامل لیزین، میتونین و تیرئونین در مقایسه با سایر غلات و لگوم‌ها پایین است (١). مهم‌ترین کربوهیدارت موجود در دانه کینوا نشاسته است و قندهای محلول آن شامل ساکارز، گلوکز و میزان کمی فروکتوز است. در مقایسه با سایر غلات، کینوا دارای میزان بالای آلفا توکوفرول‌ها (ویتامین E)، ریبوفلاوین، تیامین و ویتامین C است و میزان اسید فولیک کینوا ده برابر سایر غلات می‌باشد (٦). بذرهای کینوا دارای میزان بالایی از کلسیم، روی، آهن، مس و منیزیم است و علاوه براین دانه کینوا عاری از گلوتن بوده و برای افراد سلیاک غذای مناسبی است (٦). پوسته خارجی بذر دارای ساپونین است که به عنوان یک ماده ضدتغذیه‌ای بوده و باید در طی فرآوری حذف شود.

مطالعات بر روی کوددهی کینوا بسیار محدود و متناقض است و بیش‌تر بر روی کاربرد کود دامی به منظور تولید ارگانیک کینوا تمرکز شده است. ٢٠ تا ٣٠ تن کود دامی موجب بهبود ساختار خاک و افزایش عملکرد می‌گردد. بهترین زمان کاربرد کود دامی ٢ ماه قبل از کاشت می‌باشد (١٠). ولی با توجه به میزان پروتئین بالای بذرهای کینوا، باید به کاربرد کود نیتروژن توجه ویژه‌ای شود. وانگ و همکاران (٢٠٢٠) بیان کردند کینوا قادر است ٤١٠ تا ٨٦٠ کیلوگرم در هکتار از کل نیتروژن در دسترس را جذب کند (٢٧). نتایج کائول (٢٠٠٥) نشان داد که کینوا به کود نیتروژن واکنش خوبی نشان می‌دهد و با کاربرد ١٢٠ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بدون کاهش کارایی مصرف کود، عملکرد دانه ٩٤ درصد بهبود

می‌یابد (۱۶). بررسی تاثیر کود ازته در پاکستان نشان داد که مصرف ۷۵ کیلوگرم کود ازته برای رسیدن به حداکثر عملکرد در ۲ تقسیط زمان کاشت و گلدهی مناسب است. همچنین، در این تحقیق میزان ۶۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفر نیز توصیه شد. مصرف ۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار موجب بهبود عملکرد گردید، ولی با افزایش مصرف کود نیتروژن اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (۵). بررسی دیگری در مصرف نشان داد افزایش مصرف کود نیتروژن تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار موجب بهبود ارتفاع بوته، زیست‌توده و عملکرد دانه کینوا در خاک لومی شنی شد، ولی بیش‌ترین کارایی مصرف نیتروژن در تیمار ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد (۲۴). در مطالعه دیگری با افزایش مصرف کود نیتروژن از ۸۰ تا ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار بطور متوسط ۱۲ درصد عملکرد بهبود یافت (۱۶). ترکیب تیمار کود نیتروژن (۲۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار) و کود دامی (۴۸ تن در هکتار) همراه با محلول‌پاشی اسید اسکوربیک (۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و اسید هیومیک (۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر) در شرایط شوری آب ۷ دسی‌زیمنس بر متر موجب افزایش عملکرد از ۰/۸۲ در تیمار شاهد به ۲/۲۵ تن در هکتار شد (۹). افزایش مصرف نیتروژن از ۱۰۰ به ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش عملکرد شد، هرچند که مصرف نیتروژن بالای ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار موجب کاهش کارایی زراعی نیتروژن گردید (۱۴). در واقع کینوا، توانایی بالایی در جذب نیتروژن از خاک دارد ولی با افزایش مصرف کود میزان انتقال مجدد نیتروژن از اندام‌های هوایی به دانه کاهش می‌یابد (۱۴). محمود و سلام (۲۰۱۷) اثر متقابل شوری و کود نیتروژن را بررسی کردند و بیان کردند در شوری ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر با افزایش کود نیتروژن از شاهد به ۲۸۰ گرم در متر مربع عملکرد دانه از ۳۳۰ به ۶۰۶ گرم در مترمربع افزایش یافت (۱۸). گوما و همکاران (۲۰۱۳) بهترین ترکیب کودی برای کینوا را ۱۰۰ کیلوگرم نیترات آمونیوم و سوپر فسفات کلسیم بعلاوه دو نوع کود زیستی گزارش کردند (۱۱). البته نوع بافت خاک نیز بر میزان جذب کود نیتروژن تاثیر می‌گذارد. در شرایط آبیاری کامل با مصرف ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن میزان جذب نیتروژن در خاک لومی رسی شنی، شنی لومی و شنی به‌ترتیب ۱۳۴، ۱۰۲ و ۷۷ کیلوگرم در هکتار بود و در خاکی با میزان رس بالاتر میزان تبخیر و تعرق گیاه، تعرق و عملکرد دانه کینوا (رقم تیتیکاکا) بیشتر شد که دلیل عمده آن جذب بیش‌تر نیتروژن از خاک بود (۲۰). افزایش میزان مصرف کود نیتروژن از ۹۳ به ۳۱۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در یک خاک لومی موجب افزایش معنی‌دار در عملکرد دانه نشد، در حالی که در خاک شنی لومی بهترین تیمار کودی ۱۸۷ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود؛ از طرفی، افزایش میزان مصرف کود نیتروژن موجب بهبود نیتروژن دانه نگردید (۴، ۱۵). بررسی کمبود نیتروژن در شرایط هیدروپونیک نشان داد که کمبود موجب کلروز و کاهش مضرس بودن برگ‌ها شده و ریشه گیاه پیچیده و نازک می‌شود (۸). تقسیط کود نیتروژن بر عملکرد کینوا در خاک شنی لومی رسی در شرایط غیر شور تاثیری نداشت (۱۳)، ولی در شرایط شور که به دلیل جلوگیری از تجمع نمک میزان آب بیش‌تری جهت آب‌شویی مورد استفاده قرار می‌گیرد، تقسیط کود اهمیت دارد. دلیل عمده اختلاف نتایج در نقاط مختلف دنیا اختلاف اکولوژیکی مناطق است (۲۵). در ایران کینوا در اقلیم‌های مختلفی کشت می‌شود و نشان داده شده دمای بالا در دوره گلدهی و پرشدن دانه مهم‌ترین تاثیر را بر عملکرد دانه خصوصاً در شرایط شور می‌گذارد (۲۱). دمای نامناسب در دوره گرده‌افشانی و پر شدن دانه می‌تواند به دلیل انتخاب نادرست تاریخ کاشت یا تغییرات طبیعی

جوی در برخی سال‌ها باشد. در این آزمایش مدیریت کود نیتروژنه بر عملکرد کینوا خصوصاً در شرایط شور مورد بررسی قرار گرفت و با توجه به تفاوت معنی‌دار دما در زمان گرده افشانی در دو سال اجرای آزمایش اثر دما نیز ارزیابی شد.

مواد و روش‌ها

برای بررسی تأثیر کاربرد مقادیر و تقسیط کود نیتروژنه بر رشد و عملکرد کینوا در شرایط شور، این آزمایش در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در ایستگاه تحقیقات شوری صدوق یزد انجام شد. تیمارهای مدیریت کود نیتروژنه شامل ترکیب چهار سطح نیتروژن (۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) به‌صورت دو و سه قسط در هر میزان کود (مصرف هنگام کشت و اوایل غنچه‌دهی و یا سه تقسیط هنگام کاشت، اوایل غنچه‌دهی و اوایل گلدهی) به‌علاوه یک تیمار شاهد بدون مصرف کود بود. کود نیتروژنه مورد مصرف برای کشت گیاه از منبع اوره تامین شد. قبل از کشت نمونه‌گیری از خاک و آب آبیاری انجام شد و به دلیل کافی بودن عناصر سایر کودهای پایه استفاده نشد (جدول ۱ و ۲). جهت بررسی تاثیر دما در گلدهی دو تاریخ کاشت مختلف در دو سال انجام شد. کشت کینوا رقم تیتیکاکا در تاریخ ۱۱ شهریور ۱۳۹٦ و ۱٦ مرداد ۱۳۹۷ انجام گردید. تاریخ کاشت سال اول به صورتی انتخاب شد که بهترین دما در طول دوره گلدهی رخ دهد و تاریخ کاشت دوم زودتر کشت شد تا گلدهی به دمای بالا برخورد کند. شوری آب آبیاری هنگام کشت ۸ دسی‌زیمنس بر متر و بعد از سبز شدن هر دو هفته یک‌بار آبیاری با آب ۱٤ دسی‌زیمنس بر متر انجام شد (جدول ۳). فاصله خطوط ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها از هم ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته و وجین علف‌های هرز با دست انجام شد. یکی از مهم‌ترین آفات کینوا در طول دوره رشد رویشی لارو کارادرینا (*Spodoptera exigua*) بود که به‌وسیلهٔ سم سایپرمترین و آوانت کنترل شد. بعد از برداشت عملکرد و اجزای عملکرد اندازه‌گیری گردید (زیست توده، ارتفاع بوته، طول پانیکول، تعداد پانیکول جانبی، وزن پانیکول، عملکرد دانه، شاخص برداشت، وزن هزار دانه و میزان نیتروژن دانه). شکل ۱ و ۲ تغییرات دمای حداقل، حداکثر و میانگین در طی فصل رشد در طی دو سال را نشان می‌دهد. مراحل فنولوژیک (سبز شدن، غنچه‌دهی، گرده‌افشانی و شروع تغییر رنگ برگ و برداشت) برای هر مرحله رشدی یادداشت‌برداری شد. در طول فصل رشد درجه روز رشد مراحل مختلف رشدی با استفاده از تابع دندان مانند محاسبه گردید (معادله ۱) (۲۳).

معادله ۱:
$$F(T)=\begin{cases} \frac{T-T_b}{T_{o1}-T_b} & if\ T_b<T<T_{o1} \\ \frac{T_c-T}{T_c-T_{o2}} & if\ T_{o2}<T<T_c \\ 1 & if\ T_{o1}\le T\le T_{o2} \\ 0 & if\ \ T\le T_b\ or\ T\ge T_c \end{cases}$$

در این معادله T_b دمای پایه، T_{o1} دمای حداقل پایین، T_{o2} دمای حداکثر بالا، T_c دمای سقف است.

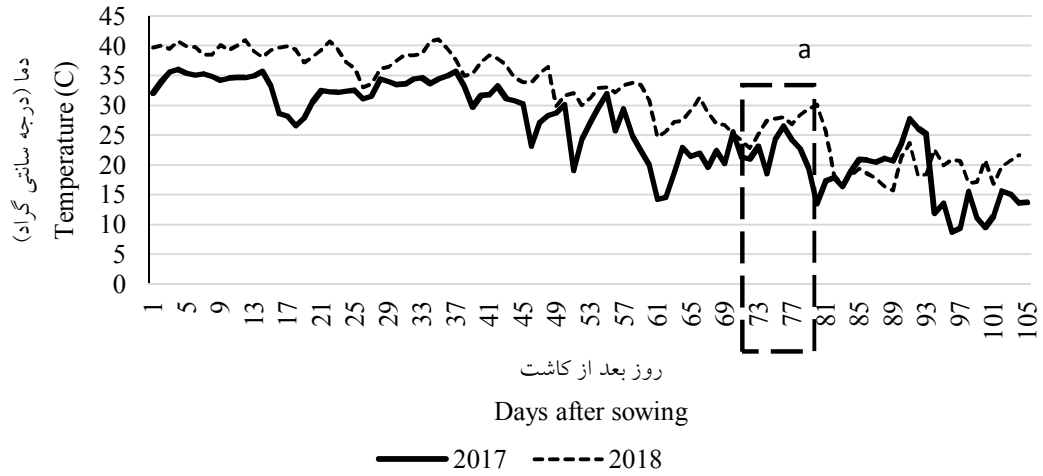
کارایی زراعی نیتروژن (میزان تولید دانه به ازای هر گرم نیتروژن مصرفی)، عامل جزئی سودمندی (میزان افزایش جذب نیتروژن به ازای هر گرم نیتروژن مصرفی)، کارایی بازیافت نیتروژن دانه (میزان افزایش جذب نیتروژن به ازای هر گرم نیتروژن مصرفی)، و شاخص برداشت به ترتیب با معادلات ۲ تا ۵ محاسبه شدند.

معادله ۲:
$$AEn=\frac{Yn-Y0}{Nf}$$

معادله ۳:
$$PEPn=\frac{Y}{Nf}$$

معادله ٤:
$$REG=\frac{NG-NG0}{Nf}$$

معادله ۵:
$$Harvested\ N(seed)=Seed\ yield\ \times Seed\ N\ content$$



شکل ۱- دمای حداکثر (درجه سانتی‌گراد) طول دوره رشد کینوا در سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ (مربع خط چین دوره گرده‌افشانی را نشان می‌دهد).

Figure 1- Maximum temperature (°C) during quinoa growth stage in 2017 and 2018 (Square line showing the anthesis).

در این معادلات Yn، عملکرد کرتی که کود دریافت کرده است (کیلوگرم)؛ Y0، عملکرد در کرتی که کود دریافت نکرده است (گرم)؛ Y، عملکرد دانه (گرم)؛ NG، مقدار نیتروژن موجود در دانه در کرت دریافت کننده کود نیتروژن (گرم)؛ NG0، مقدار نیتروژن موجود در دانه در کرت شاهد (گرم)؛ Nf، مقدار کود نیتروژن مصرف شده (گرم)؛ عملکرد دانه بر حسب گرم در متر مربع و میزان نیتروژن دانه بر حسب (گرم نیتروژن بر گرم بذر).

به منظور تجزیه آماری از نرم افزار SAS استفاده شد. جهت تجزیه مرکب ابتدا آزمون بارتلت انجام شد (جدول ۳). با توجه به اینکه میزان کای اسکور هفت صفت معنی‌دار بود تجزیه نتایج دو سال، جداگانه انجام شد. از نرم افزار Statgraphic برای بررسی معنی‌داری بین دو خط رگرسیون و خطوط رگرسیون استفاده شد و نرم‌افزار SPSS جهت بررسی نرمال بودن داده‌ها و آزمون T بکار رفت.

جدول ۱- نتایج آزمایش نمونه خاک قبل از کشت و میانگین شوری عصاره اشباع خاک در منطقه توسعه ریشه در فصل رشد (سال ۱۳۹۶).

Table 1- The results of soil sampling before planting and the average salinity of soil saturation extract in the root development zone (2017).

Block بلوک	ECe* (dS m^{-1}) شوری‌عصاره اشباع خاک (دسی‌زیمنس بر متر)	pH اسیدیته	TNV (%) کربنات‌کلسیم معادل (درصد)	OC (%) کربن آلی (درصد)	OM (%) مواد آلی (درصد)	P_{av} (ppm) فسفر قابل جذب (قسمت در میلیون)	K_{av} (ppm) پتاسیم قابل‌جذب (قسمت درمیلیون)	ECe** (dS m^{-1}) شوری عصاره اشباع خاک (دسی زیمنس بر متر)
1	20.7	7.66	28.7	0.55	0.94	19.2	210	14.8
2	12.4	7.60	26.2	0.44	0.75	27.4	235	14.4
3	12.0	7.60	25.0	0.42	0.80	20.0	250	14.0

* شوری عصاره اشباع خاک قبل از کشت

** میانگین شوری عصاره اشباع خاک در طول فصل کشت

*Salinity of soil saturation extract before planting

**The average salinity of soil saturation extract during the growing season

جدول ۲- نتایج نمونه خاک قبل از کشت و میانگین شوری عصاره اشباع خاک در منطقه توسعه ریشه (سال ۱۳۹۷).

Table 2- The results of soil sampling before planting and the average salinity of soil saturation extract in the root development zone (2018).

Block بلوک	Soil depth (cm) عمق خاک (سانتی‌متر)	ECe* ($dS\ m^{-1}$) شوری عصاره اشباع خاک* (دسی زیمنس بر متر)	Na سدیم	Mg منیزیم	Ca کلسیم	Cl کلر	CO_3 کربنات	HCO_3 بی‌کربنات	SO_4 سولفات	SAR نسبت سدیم قابل جذب	OC (%) کربن آلی (درصد)	P_{av} (ppm) فسفر قابل جذب (قسمت در میلیون)	K_{av} (ppm) پتاسیم قابل جذب (قسمت در میلیون)	ECe** ($dS\ m^{-1}$) شوری عصاره اشباع خاک** (دسی زیمنس بر متر)
			meq l^{-1} میلی اکی والان بر لیتر											
1	0-30	7.5	45.1	12.2	10.6	52.2	ns	2.3	13.9	13.3	0.38	42.5	137	15.6
	30-60	13.6									0.25			
2	0-30	11.1	69.7	16.1	16.3	81.3	ns	2.6	19.1	17.3	0.36	30.6	118	14.4
	30-60	15.6									0.24			
3	0-30	18.0	95.3	36.1	47.8	137.6	ns	2.6	40.1	14.7	0.40	31.1	124	18.1
	30-60	16.2									0.25			

*Salinity of soil saturation extract before planting

**The average salinity of soil saturation extract during the growing season

*شوری عصاره اشباع خاک قبل از کشت

**میانگین شوری عصاره اشباع خاک در طول فصل کشت

جدول ۳- کیفیت آب آبیاری ایستگاه تحقیقات شوری صدوق.

Table 3- The irrigation Water quality of Saduogh salinity research station.

منبع آب آبیاری Source of irrigation water	EC ($dS\ m^{-1}$) هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	pH اسیدیته	SAR نسبت سدیم قابل جذب	Na سدیم	Ca کلسیم	Mg منیزیم	CO_3^{-2} کربنات	HCO_3^- بیکربنات	Cl^- کلر	SO_4^{-2} سولفات
				$meq\ l^{-1}$ میلی اکی والان بر لیتر						
Saline water آب شور	14.52	7.30	23.18	104.57	13.20	28.52	0	3.30	134.0	8.99

جدول ٤- میزان کای اسکور و سطح معنی‌داری آزمون بارتلت صفات اندازه‌گیری شده کینوا.

Table 4- X^2 and the significance level of bartlett test of measured traits of quinoa.

آزمون بارتلت Bartlett test	زیست توده (گرم در متر مربع) Biomass ($g\ m^{-2}$)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	طول پانیکول (سانتی‌متر) Panicule length (cm)	تعداد پانیکول جانبی Lateral panicule No.	وزن پانیکول (گرم در متر مربع) Panicule weight (g)	عملکرد دانه (گرم در متر مربع) Seed yield ($g\ m^{-2}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index	وزن هزار دانه (گرم) Thousands kernel weight	نیتروژن دانه (درصد) Seed nitrogen (%)	برداشت نیترون دانه (گرم در متر مربع) Seed nitrogen harvest ($g\ m^{-2}$)	کارایی زراعی نیتروژن (گرم در گرم) AEn	عامل جزئی نیتروژن (گرم در گرم) PEPn	کارایی بازیافت نیتروژن دانه (گرم در گرم) REg
کای اسکور X^2	0.17	0.49	6.69	33.5	3.9	5.9	0.54	16.37	0.34	0.95	16.3	38.5	2.8
سطح معنی‌داری significance level	0.89	0.48	0.009	6.8×10^{-9}	0.04	0.01	0.46	0.0000521	0.55	0.32	0.00005	5.4×10^{-10}	0.08

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در سال اول تیمارهای کودی بر زیست توده، طول پانیکول، تعداد پانیکول جانبی، عملکرد دانه، شاخص برداشت، وزن هزار دانه، وزن پانیکول، کارایی زراعی نیتروژن، عامل جزئی سودمندی و کارایی بازیافت نیتروژن دانه تاثیر معنی‌داری در سطح یک درصد داشت و بر ارتفاع بوته و درصد نیتروژن دانه تاثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۵). در سال دوم تاثیر تیمارهای کودی بر زیست توده، وزن پانیکول، عملکرد دانه، شاخص برداشت، وزن هزار دانه، کارایی زراعی نیتروژن، عامل جزئی سودمندی و کارایی بازیافت نیتروژن دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود، ولی بر ارتفاع بوته، طول پانیکول و درصد نیتروژن دانه تاثیر معنی‌داری نداشت (جدول ٦). تاثیر تیمار کود نیتروژن در هر دو سال بر ارتفاع بوته و درصد نیتروژن دانه معنی‌دار نبود. در شرایط هیدروپونیک نشان داده شد که کمبود نیتروژن موجب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته و زیست‌توده می‌شود (۸). مطالعات متعددی هم نشان داده است که تنش شوری موجب کاهش ارتفاع بوته کینوا می‌شود و پیشنهاد شده که گزینش بر اساس ارتفاع بوته موجب افزایش میزان تحمل به تنش شوری می‌شود (۲، ۳، ۱۷). در این آزمایش اثر افزایش میزان کود مصرفی بر بهبود ارتفاع بوته معنی‌دار نبود که نشان‌دهنده تاثیر بیش‌تر تنش شوری بر ارتفاع بوته نسبت به اثر بهبود دهنده کود نیتروژن بر این صفت بود.

نتایج مقایسه میانگین صفات نشان داد که بیش‌ترین زیست‌توده و عملکرد دانه در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم کود اوره با سه بار تقسیط به ترتیب با مقدار ۷۸۰ و ۲۰۰ گرم در متر مربع مشاهده شد (جدول ۷). عملکرد دانه در تیمار سه بار تقسیط در کلیه سطوح کاربرد کود به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از دو بار تقسیط بود. میزان افزایش عملکرد دانه در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار با دو بار تقسیط نسبت به سه بار تقسیط ۱۰ درصد و در سایر تیمارها بین ۲۱ تا ٢٤ درصد بود. در سطوح بالای کود تاثیر تقسیط کم‌تر از سطوح پایین‌تر کود بود. رابطه بین میزان مصرف کود و عملکرد دانه تا سطح ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در هر دو مدل کاربرد کود خطی بود. افزایش عملکرد دانه به ازای هر واحد افزایش کود اوره در هکتار در تیمار دو بار تقسیط برابر ۰/۳۳ گرم در متر مربع و در تیمار سه بار تقسیط برابر ۰/۵۵ گرم در متر مربع بود (شکل ۲). عرض از مبدا این معادله برابر با عملکرد شاهد در نظر گرفته شد و اختلاف دو خط رگرسیون نیز معنی‌دار بود.

درصد نیتروژن دانه در تیمار شاهد ۲/۷ درصد و به‌طور معنی‌داری کم‌تر از سایر تیمارها بود. کارایی زراعی نیتروژن میزان افزایش دانه تولیدی به ازای هر واحد نیتروژن مصرفی است (جدول ۷). در این آزمایش این عدد بین ۱۷-٤ گرم دانه بر گرم نیتروژن مصرفی است که تیمار ۵۰ کیلوگرم کود اوره در سه بار تقسیط با اختلاف معنی‌داری بیش‌تر از سایر تیمارها بود. عامل جزئی سودمندی میزان تولید دانه به ازای هر واحد نیتروژن مصرفی است که بین ٦٣- ۲۰ گرم دانه بر گرم نیتروژن مصرفی است. بیش‌ترین میزان با اختلاف معنی‌دار در تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار و سه بار تقسیط و کم‌ترین میزان در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و دو بار تقسیط مشاهده شد. کارایی بازیافت نیتروژن، میزان افزایش جذب نیتروژن به ازای هر واحد نیتروژن مصرفی است که بین ۰/٦۵- ۰/۲۵ گرم نیتروژن بر گرم نیتروژن مصرفی بود. با افزایش مصرف کود میزان بازیابی کاهش یافته و در کلیه تیمارها میزان بازیابی در دو بار تقسیط کم‌تر از سه بار تقسیط بود.

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس صفات بررسی شده کینوا در تیمارهای مختلف کود نیتروژن در شرایط شور (۱۳۹۶).

Table 5- Analysis of variance of measured traits of quinoa in different nitrogen treatment under saline condition (2017).

منابع تغییر	درجه آزادی	زیست توده (گرم در متر مربع)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	طول پانیکول (سانتی‌متر)	تعداد پانیکول جانبی	وزن پانیکول (گرم در متر مربع)	عملکرد دانه (گرم در متر مربع)	شاخص برداشت (درصد)	وزن هزار دانه (گرم)	نیتروژن دانه (درصد)	برداشت نیترون دانه (گرم در متر مربع)	کارایی زراعی نیتروژن (گرم در گرم)	عامل جزئی نیتروژن (گرم در گرم)	کارایی بازیافت نیتروژن دانه (گرم در گرم)
S.O.V	df	Biomass ($g\ m^{-2}$)	Plant height (cm)	Panicule length (cm)	Lateral panicule No.	Panicule weight (g)	Seed yield ($g\ m^{-2}$)	Harvest index (%)	Thousands kernel weight (g)	Seed nitrogen (%)	Seed nitrogen harvest ($g\ m^{-2}$)	AEn ($g\ g^{-1}$)	PEPn ($g\ g^{-1}$)	REg ($g\ g^{-1}$)
تیمار Treatment	8	36593^{**}	18.1^{ns}	1.01^{**}	1.73^{**}	8821^{**}	3767^{**}	41.3^{**}	0.1^{**}	0.04^{ns}	3.5^{**}	92.8^{**}	1013^{**}	0.09^{**}
بلوک Block	2	3437^{*}	35.6^{ns}	0.11^{ns}	1.59^{**}	3805^{ns}	182^{**}	4.03^{ns}	0.03^{ns}	0.003^{ns}	0.16^{ns}	0.22^{ns}	7.4*	0.001^{ns}
اشتباه Error	16	1009	27.3	0.27	0.08	1672	23	10.3	0.02	0.02	0.06	0.88	1.5	0.003
ضریب‌تغییرات (درصد) CV (%)		5.1	14.2	9.0	5.6	9.0	3.1	12.8	6.8	4.8	5.5	10.5	4.0	16.3

**، * و ^{ns} به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۱ درصد، ۵ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشند.

**,* and ^{ns} indicates significant at 1 and 5 percent and non-significant, respectively.

جدول ٦- نتایج تجزیه واریانس صفات بررسی شده کینوا در تیمارهای مختلف کود نیتروژن در شرایط شور (۱۳۹۷).

Table 5- Analysis of variance of measured traits of quinoa in different nitrogen treatment under saline condition (2018).

منابع تغییر	درجه آزادی	زیست توده (گرم در متر مربع)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	طول پانیکول (سانتی‌متر)	تعداد پانیکول جانبی	وزن پانیکول (گرم در متر مربع)	عملکرد دانه (گرم در متر مربع)	شاخص برداشت (درصد)	وزن هزار دانه (گرم)	نیتروژن دانه (درصد)	برداشت نیترون دانه (گرم در متر مربع)	کارایی زراعی نیتروژن (گرم در گرم)	عامل جزئی نیتروژن (گرم در گرم)	کارایی بازیافت نیتروژن دانه (گرم در گرم)
S.O.V	df	Biomass ($g\ m^{-2}$)	Plant height (cm)	Panicule length (cm)	Lateral panicule No.	Panicule weight (g)	Seed yield ($g\ m^{-2}$)	Harvest index	Thousands kernel weight	Seed nitrogen (%)	Seed nitrogen harvest ($g\ m^{-2}$)	AEn ($g\ g^{-1}$)	PEPn ($g\ g^{-1}$)	REg ($g\ g^{-1}$)
تیمار Treatment	8	7723^{**}	24.5^{ns}	2.22^{ns}	4.42^{ns}	3739^{**}	196.6^{**}	13.4^{*}	0.37^{**}	0.04^{ns}	0.25^{**}	23.8^{**}	224.7^{**}	0.018^{**}
بلوک Block	2	61198^{**}	13.4^{ns}	1.28^{ns}	5.53^{ns}	20032^{**}	246.2^{**}	79.98^{**}	0.22^{**}	0.007^{ns}	0.19^{ns}	1.1^{**}	9.7^{**}	0.007^{**}
اشتباه Error	16	262	29.4	1.095	2.3	444	3.5	4.8	0.03	0.02	0.07	0.26	0.55	0.001
ضریب‌تغییرات (درصد) CV (%)		4.1	14.3	14.6	18.7	7.4	3.2	14.1	8.7	5.4	14.8	13.9	6.2	28.6

**، * و ns به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۱ درصد، ۵ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشند.

**,* and ns indicates significant at 1 and 5 percent and non-significant, respectively.

مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره موجب افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه نسبت به شاهد (۱/۸ گرم) شد. در بررسی دیگری نشان داده شد که افزایش میزان کاربرد نیتروژن تا سطح ۹۳ کیلوگرم نیتروژن در هکتار موجب افزایش اختلاف در میزان بازیابی در تیمارهای ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار با دو بار تقسیط به ترتیب ۰/۳۵، ۰/۲٤، ۰/۱٦ و ۰/۱ بود. کینوا قادر است میزان ۸٦۰–٤۱۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از کل نیتروژن در دسترس موجود در خاک را جذب کند (۲۷). نتایج وانگ و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد که کینوا با عملکرد دانه ۹/۷ تن در هکتار و درصد نیتروژن ۳/٤ درصد قادر است در میزان کود مصرفی ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ۳۲ گرم در متر مربع نیتروژن قابل دسترس از خاک را جذب کند (۲۷). در این آزمایش به ترتیب در تیمار ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره به میزان ۲/۳، ٤/٦، ٦/۹، ۹/٤ گرم در متر مربع به خاک نیتروژن اضافه شد که میزان جذب نیتروژن قابل دسترس توسط دانه ۲/۸۸ تا ٦/۲۹ گرم در متر مربع بود. افزایش میزان برداشت نیتروژن به دلیل افزایش عملکرد دانه بود که با نتایج وانگ و همکاران (۲۰۲۰) مطابقت داشت (۲۷).

مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره موجب افزایش معنیدار وزن هزار دانه نسبت به شاهد (۸/۱ گرم) شد. در بررسی دیگری نشان داده شده بود، افزایش میزان کاربرد نیتروژن تا سطح ۹۳ کیلوگرم نیتروژن در هکتار موجب افزایش معنیدار وزن هزار دانه کینوا شد ولی با افزایش مصرف کود وزن هزار دانه تغییری نکرد (۱۵). شاخص برداشت در این آزمایش بین ۲۱ تا ۳۱ درصد بود. تعداد پانیکول جانبی و طول پانیکول تحت تاثیر کاربرد کود نیتروژن قرار نگرفت. گرچه بیش‌ترین طول پانیکول با افزایش معنی‌دار در تیمار کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره مشاهده شد. اختلاف بین تیمارهای کودی از لحاظ وزن پانیکول نیز نشان داد که تیمار شاهد کم‌ترین وزن پانیکول را داشت.

در سال دوم بیش‌ترین عملکرد دانه و زیست توده در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به میزان ٦٦ و ٤٤۱ گرم در متر مربع مشاهده شد که موجب افزایش معنی‌دار ۳۷ و ۲٤ درصدی عملکرد زیست توده و دانه نسبت به شاهد شد (جدول ۸). اختلاف معنی‌داری بین دو و سه بار تقسیط کود مشاهده نشد. عملکرد دانه در تیمارهای دو و سه بار تقسیط به ترتیب با شیب ۰/۱۰۰٦ و ۰/۱۰۰۸ گرم در متر مربع به ازای افزایش مصرف هر کیلوگرم در هکتار اوره افزایش یافت که برخلاف نتایج سال اول شیب این دو خط با هم اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ٤).

بیش‌ترین وزن پانیکول در تیمار ۲۰۰ کیلو گرم در هکتار کود نیتروژن با سه بار تقسیط به میزان ۳۲۰ گرم در متر مربع مشاهده شد. اختلاف مصرف کود ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار با شاهد معنی‌دار ولی با ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار معنی‌دار نبود (جدول ۸). با افزایش مصرف کود اوره ارتفاع بوته از ۳۷ به ٤۸ سانتی‌متر افزایش یافت، اما اختلاف بین تیمارها معنی‌دار نبود. طول پانیکول نیز با افزایش مصرف کود اوره افزایش معنی‌داری نداشته است. درصد نیتروژن دانه با ۰/۳ درصد افزایش به ۳/۳ درصد در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار رسید و وزن هزار دانه ۰/٤ گرم افزایش داشت و حداکثر به ۲/٤ گرم رسید. شاخص برداشت بین ۱۹–۱۲ درصد بود که بیش‌ترین میزان در تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود مشاهده شد. کارایی زراعی مصرف نیتروژن با افزایش میزان کود کاهش معنی‌داری داشت و در تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود، به‌طور معنی‌داری بالاتر بود.

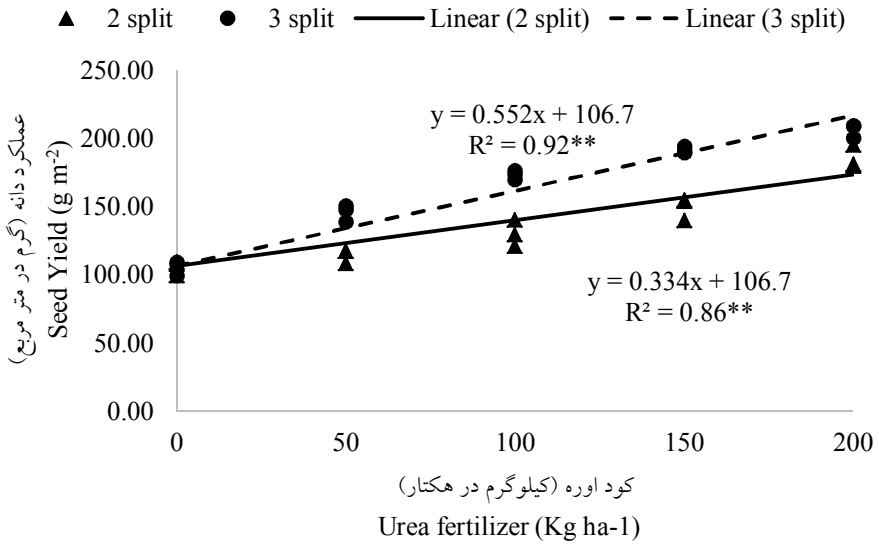
جدول ۷- مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده کینوا در سطوح مختلف تیمار کودی (در ستون تیمار عدد اول دفعات تقسیط کود و عدد دوم مقدار کاربرد کود) (سال ۱۳۹۶).

Table 7- Mean comparison of measured traits of quinoa in different fertilizer treatment (In treatment column first number is fertilizer splitting and second number is amount of applied fertilizer) (2017).

تیمار	زیست توده (گرم در مترمربع)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	طول پانیکول (سانتی‌متر)	تعداد پانیکول جانبی	وزن پانیکول (گرم در مترمربع)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع)	شاخص برداشت (درصد)	وزن هزار دانه (گرم)	نیتروژن دانه (درصد)	برداشت نیترون دانه (گرم در مترمربع)	کارایی زراعی نیتروژن (گرم در گرم)	عامل جزئی نیتروژن (گرم در گرم)	کارایی بازیافت نیتروژن دانه (گرم در گرم)
Treatment	Biomass ($g\ m^{-2}$)	Plant height (cm)	Panicule length (cm)	Lateral panicule No.	Panicule weight (g)	Seed yield ($g\ m^{-2}$)	Harvest index (%)	Thousands kernel weight (g)	Seed nitrogen (%)	Seed nitrogen harvest ($g\ m^{-2}$)	AEn ($g\ g^{-1}$)	PEPn ($g\ g^{-1}$)	REg ($g\ g^{-1}$)
شاهد Control	440.7 e	33.9 a	5.5 cd	6.3 a	335.3 d	105.8 g	24.5 bc	1.8 c	2.7 b	2.88 g	شاهد Control	شاهد Control	شاهد Control
2-50	465.3 e	35.8 a	5.4 cd	4.9 bcd	417.3 c	114.7 f	24.7 bc	1.9 c	3.1 a	3.56 f	3.9 f	49.9 b	0.30 de
3-50	670.2 b	38.1 a	5.2 d	4.7 cde	527.6 a	145.9 d	20.2 c	2.0 bc	3.0 a	4.38 de	17.5 a	63.5 a	0.65 a
2-100	539.7 d	32.7 a	5.2 d	4.3 e	440.9 bc	130.5 e	23.0 c	2.0 bc	3.1 a	4.08 e	5.4 ef	28.4 d	0.26 e
3-100	638.9 bc	37.9 a	5.6 bcd	4.4 de	440.5 bc	173.6 c	28.7 ab	2.3 a	3.0 a	5.22 c	14.7 b	37.7 c	0.51 b
2-150	693.1 b	36.1 a	6.5 ab	6.3 a	485.5 abc	149.9 d	21.7 c	2.2 ab	3.1 a	4.61 d	6.4 ef	21.7 ef	0.25 e
3-150	668.0 b	40.6 a	5.7 bcd	4.3 e	489.6 ab	191.9 b	28.8 ab	2.3 a	3.0 a	5.70 b	12.5 c	27.8 d	0.41 c
2-200	606.3 c	37.3 a	6.3 abc	5.3 b	466.9 abc	185.7 b	31.2 a	2.2 ab	2.9 a	5.42 bc	8.7 d	20.2 f	0.27 e
3-200	778.3 a	38.7 a	6.8 a	5.1 bc	452.9 bc	206.5 a	22.6 c	2.3 a	3.0 a	6.29 a	11.0 c	22.4 e	0.37 cd

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

In each column means with at least one similar letter do not have significant differences based on LSD test at 5% level.



شکل ۲- تاثیر میزان کود اوره بر عملکرد دانه با دو و سه تقسیط در سال اول (اختلاف معنی‌داری بین دو خط رگرسیون در سطح احتمال یک درصد وجود داشت).

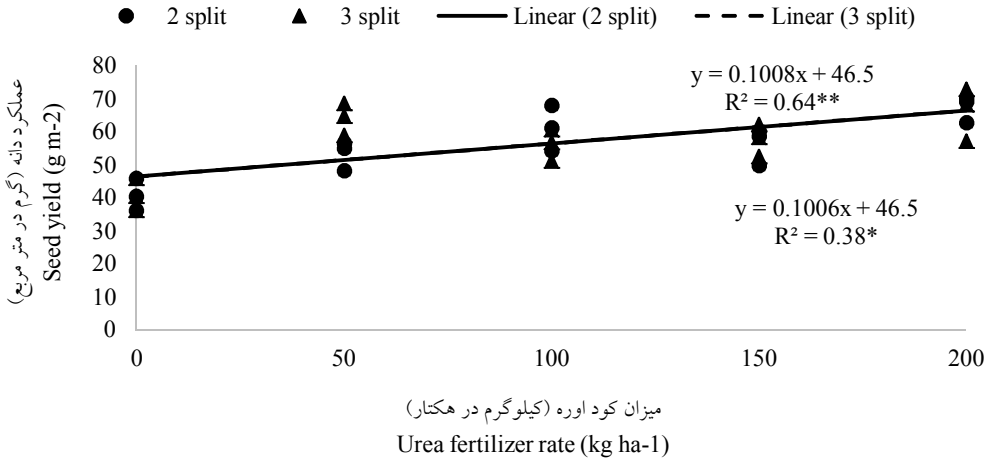
Figure 2- Urea fertilizer effect on seed yield at two and three splitting methods in first year (There is a significant differences between two regression lines at one percent probability).

عامل جزئی سودمندی و کارایی بازیافت نیتروژن دانه نیز در تیمار ۵۰ کیلوگرم کود در هکتار با اختلاف معنی داری بیش‌تر بود. میزان برداشت نیتروژن دانه در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار با میزان ۲/۱۵ گرم در متر مربع نیتروژن مشاهده شد که نسبت به شاهد ٤٢ درصد افزایش یافت. با مصرف ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره به ترتیب به میزان ۲/۳، ٤/٦، ٦/۹، ۹/٤ گرم در متر مربع نیتروژن به خاک اضافه شده است که گیاه از تیمار شاهد تا ۲۰۰ کیلو گرم در هکتار بین ۱/٦۱ تا ۲/۲ گرم در متر مربع از نیتروژن قابل دسترس را برداشت کرد. به منظور مقایسه بین دو سال آزمون T انجام شد. نتایج آزمون نشان داد که مقادیر زیست توده، وزن پانیکول، عملکرد دانه و شاخص برداشت در سال دوم به‌طور معنی‌داری از سال اول کم‌تر بود (جدول ۹). میزان کارایی نیتروژن، سودمندی جزئی و کارایی بازیافت نیتروژن دانه نیز در سال دوم به‌طور معنی‌داری کم‌تر بود که دلیل عمده آن تاثیر تفاوت معنی‌دار دما در طول گلدهی بود. بین مقادیر طول پانیکول، تعداد پانیکول جانبی، وزن هزار دانه و ارتفاع بوته در بین دو سال اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. با هدف بررسی اثر تفاوت دما در دو سال زراعی بر واکنش گیاه به مصرف کود اوره، دما در هر دوره رشدی از مرحله سبز شدن تا غنچه‌دهی، غنچه‌دهی تا گلدهی، طول دوره گلدهی، دوره پرشدن دانه و کل دوره و همچنین، میزان درجه روز رشد بررسی شد. نتایج نشان داد که میانگین حداکثر دما در طی دوره گلدهی (گرده افشانی) و پرشدن دانه در سال دوم ۹/۱ و ٦/٦ درجه سانتی‌گراد از سال اول بیش‌تر بود (۳۰/۵ و ۲۸/۷ درجه سانتی‌گراد در برابر ۲۱/٤ و ۲۲/۱ درجه سانتی‌گراد). از آنجایی که گرده افشانی کینوا در ساعات بین ۱۰ صبح و ۲ بعد از ظهر انجام می‌شود و در این ساعت از روز دمای هوا حداکثر است در گرده افشانی اختلال ایجاد می‌شود (۱۹). هینوجا و همکاران (۲۰۱۲) تاثیر دمای شب و روز ٤۰/۲٤ و ۲۲/۱٦ درجه سانتی‌گراد را بر روی دو ژنوتیپ کینوا بررسی و بیان کردند که دمای بالا

موجب ۳۰ تا ۷۰ درصد کاهش در زنده ماندن گرده می‌شود و ضخامت دیواره گرده‌ها در اثر دمای بالا افزایش می‌یابد. تحقیقات اخیر نشان داده است که دمای بالا باروری دانه گرده را تحت تاثیر قرار نمی‌دهد، اما موجب بسته ماندن گل‌های هرمافرودیت و کاهش گرده برای گل‌های ماده می‌شود که این خود موجب کاهش تعداد دانه تشکیل شده و در نهایت عملکرد دانه می‌شود (۱۲). به طوری که دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد موجب کاهش عملکرد دانه به میزان ۸۵-۶۰ درصد شد (۲۶). در واقع این راهکاری است که گیاه جهت حفظ ساختارهای گل تحت تنش گرما در پیش می‌گیرد. در سال دوم دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد در دوره گرده‌افشانی موجب کاهش ۳۵ درصدی عملکرد دانه شد.

راهکار دیگری که گیاه در مقابله با تنش گرما دارد، تولید بیش‌تر اندام‌های رویشی و ادامه رشد در این شرایط است (۲۶). به همین علت طول پانیکول و تعداد پانیکول‌های جانبی برخلاف سایر صفات در سال دوم بیش‌تر از سال اول بود. درجه روز رشد تجمعی نیز در سال دوم ۵۴۱ درجه روز بیش‌تر از سال اول بود (جدول ۱۰). بیش‌ترین اختلاف درجه روز رشد بین دو سال در مرحله پرشدن دانه و سپس غنچه‌دهی تا گلدهی مشاهده شد. میانگین دما و حداکثر دما در طول دوره در سال دوم بیش‌تر از سال اول بود، اما بر وزن هزار دانه دو سال تاثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۱۰). مطالعات متعددی گزارش کردند که تنش دما در دوره پرشدن دانه موجب کاهش وزن هزار دانه می‌گردد (۲۱، ۲۲، ۲۶)، اما در این آزمایش اختلاف معنی‌داری بین دو سال مشاهده نشد(جدول ۹).

بررسی اثر متقابل کود و سال نشان داد که روند افزایشی تاثیر کود بر عملکرد به شدت تحت تاثیر سال قرار گرفته است، به طوری که تاثیر کاهشی گرما در دوره گرده‌افشانی در سال دوم بسیار شدیدتر از اثر افزایشی مصرف کود بود (شکل ۵). در طی یک دوره سه ساله عملکرد کینوا در تناوب با گندم، نخود و جو بعد از برداشت یونجه بررسی شد و نتایج نشان داد که کینوا می‌تواند در سیستم‌های کم نهاده قرار گیرد و در شرایط کمبود عناصر غذایی همزیستی مایکوریزایی موجب بهبود جذب عناصر در کینوا شود و همچنین، عملکرد کینوا در سال‌های مختلف بیش‌تر تحت تاثیر تنش‌های اقلیمی تا حاصلخیزی خاک قرار می‌گیرد (۲۹). جهت معرفی کینوا در سیستم‌های کم نهاده شور نیاز است ارقام مناسبی معرفی شوند (۲۸).



شکل ۳- تاثیر کود اوره بر عملکرد دانه در تیمار دو و سه بار تقسیط در سال دوم (اختلاف معنی‌داری بین دو خط رگرسیون وجود نداشت).

Figure 3- Urea fertilizer effect on seed yield at two and three splitting methods in second year (There is not a significant differences between two regression lines).

جدول ۸- مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده کینوا در سطوح مختلف تیمار کودی (عدد اول میزان کود مصرفی و عدد دوم مقدار کاربرد کود) (سال ۱۳۹۷).

Table 8- Mean comparison of measured traits of quinoa in different fertilizer treatment (In treatment column first number is fertilizer splitting and second number is amount of applied fertilizer) (2018).

تیمار	زیست توده (گرم در متر مربع)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	طول پانیکول (سانتی‌متر)	تعداد پانیکول جانبی	وزن پانیکول (گرم در متر مربع)	عملکرد دانه (گرم در متر مربع)	شاخص برداشت (درصد)	وزن هزار دانه (گرم)	نیتروژن دانه (درصد)	برداشت نیترون دانه (گرم در متر مربع)	کارایی زراعی‌نیتروژن (گرم در گرم)	عامل جزئی نیتروژن (گرم در گرم)	کارایی بازیافت نیتروژن دانه (گرم در گرم)
Treatment	Biomass ($g\ m^{-2}$)	Plant height (cm)	Panicule length (cm)	Lateral panicule No.	Panicule weight (g)	Seed yield ($g\ m^{-2}$)	Harvest index (%)	Thousands kernel weight (g)	Seed nitrogen (%)	Seed nitrogen harvest ($g\ m^{-2}$)	AEn ($g\ g^{-1}$)	PEPn ($g\ g^{-1}$)	REg ($g\ g^{-1}$)
شاهد Control	332.2 e	37.8 a	7.6 a	9.3 abc	267.0 c	41.0 f	12.7 c	2.0 bc	3.0 ab	1.24 c	شاهد Control	شاهد Control	شاهد Control
2-50	287.1 f	31.8 a	5.3 b	7.9 abc	206.6 d	53.5 e	19.4 a	1.6 de	3.0 ab	1.61 bc	5.42 b	23.26 b	0.16 b
3-50	369.9 d	39.3 a	6.3 ab	6.6 c	261.8 c	64.3 bc	18.4 ab	2.3 ab	3.0 b	1.90 ab	10.11 a	27.96 a	0.28 a
2-100	419.0 ab	38.3 a	7.9 a	8.3 abc	308.0 ab	61.3 c	14.9 bc	2.4 a	3.2 ab	1.94 ab	4.41 c	13.33 c	0.15 bc
3-100	408.1 bc	34.5 a	7.1 ab	6.8 bc	278.5 bc	56.4 de	13.9 c	2.4 a	3.2 ab	1.80 ab	3.34 d	12.26 c	0.12 bcd
2-150	386.3 cd	37.9 a	7.7 a	9.8 a	289.2 abc	56.5 de	15.1 bc	1.6 e	3.1 ab	1.76 ab	2.24 e	8.19 d	0.08 d
3-150	407.5 bc	40.7 a	8.1 a	9.4 ab	306.2 ab	57.9 d	14.3 c	1.9 cde	3.0 ab	1.75 ab	2.45 de	8.39 d	0.07 d
2-200	436.5 a	40.1 a	7.2 a	7.1 bc	310.7 ab	67.7 a	15.8 abc	1.9 cd	3.3 a	2.22 a	2.89 de	7.36 d	0.11 bcd
3-200	441.6 a	39.4 a	7.0 ab	9.1 abc	320.9 a	66.3 ab	15.2 bc	2.6 a	3.2 ab	2.15 a	2.74 de	7.20 d	0.10 cd

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

In each column means with at least one similar letter do not have significant differences based on LSD test at 5% level.

جدول ۹- مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده کینوا در دو سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷.

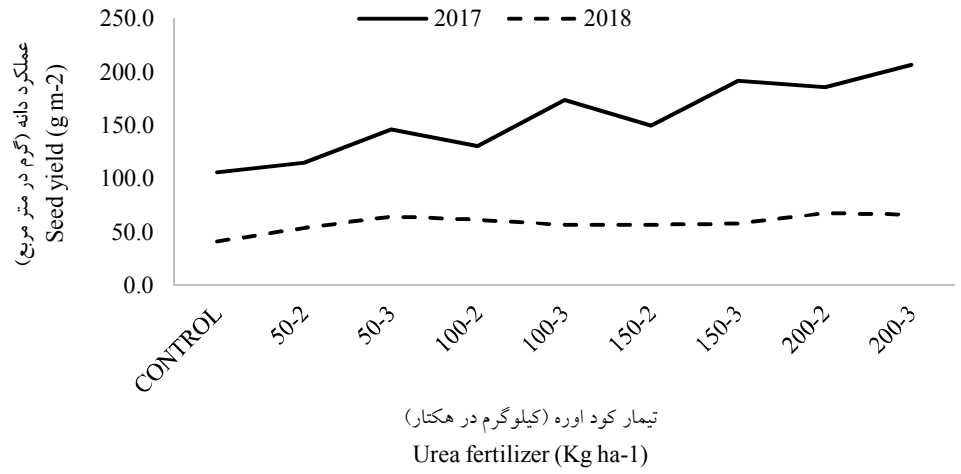
Table 9- Means comparison of measured traits of quinoa in two 2017 and 2018 years.

سال	زیست توده (گرم در متر مربع)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	طول پانیکول (سانتی‌متر)	تعداد پانیکول جانبی	وزن پانیکول (گرم در متر مربع)	عملکرد دانه (گرم در متر مربع)	شاخص برداشت (درصد)	وزن هزار دانه (گرم)	نیتروژن دانه (درصد)	برداشت نیترون دانه (گرم در مترمربع)	کارایی زراعی نیتروژن (گرم در گرم)	عامل جزئی نیتروژن (گرم در گرم)	کارایی بازیافت نیتروژن دانه (گرم در گرم)
Year	Biomass ($g\ m^{-2}$)	Plant height (cm)	Panicule length (cm)	Lateral panicule No.	Panicule weight (g)	Seed yield ($g\ m^{-2}$)	Harvest index (%)	Thousands kernel weight (g)	Seed nitrogen (%)	Seed nitrogen harvest ($g\ m^{-2}$)	AEn ($g\ g^{-1}$)	PEPn ($g\ g^{-1}$)	REg ($g\ g^{-1}$)
2017	611.19	36.78	5.79	5.06	450.73	156.06	25.06	2.09	3.00	4.68	8.88	30.18	0.34
2018	387.56	37.76	7.13	8.24	283.23	58.32	15.55	2.08	3.12	1.82	3.73	11.99	0.12
T test	8.34	-0.71	-5.00	-8.32	10.40	14.25	8.86	0.05	-2.56	13.33	4.41	4.82	5.71
Prob >[t]	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.96	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00

جدول ۱۰- میانگین، حداقل، حداکثر دما و درجه روز رشد (GDD) مراحل مختلف رشدی کینوا در طی دو سال آزمایش.

Table 10-Mean, Minimum, maximum and growing degree days (GDD) of different growth stage of quinoa during two years.

مرحله رشدی Growing cycle	میانگین حداقل دما (درجه سانتی‌گراد) Mean of minimum temperature (°C)		میانگین حداکثر دما (درجه سانتی‌گراد) Mean of maximum temperature (°C)		میانگین دما (درجه سانتی‌گراد) Mean temperature (°C)		درجه روز رشد Growing degree days	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
سبز تا غنچه‌دهی Emergence up to floral initiation	17.4	24.1	32.8	38.7	25.0	31.1	596	719
غنچه دهی تا گلدهی Floral initiation up to flowering	15.0	20.9	30.2	35.6	32.4	28.0	468	618
دوره گلدهی Flowering period	10.1	17.3	21.4	30.5	16.2	23.9	145	227
دوره پرشدن دانه Seed filling period	8.5	16.0	22.1	28.7	15.3	22.4	304.6	501.6
کل دوره رشدی Whole growing cycle	10.7	17.7	25.6	30.9	18.2	24.3	1624	2169



شکل ٤- اثر متقابل سال و تیمار کود اوره بر عملکرد دانه (گرم در مترمربع) در طی دو سال.

Figure 4- The interaction effect of the year and urea fertilizer the treatment on grain yield (g m^{-1}) over two years.

نتیجه‌گیری کلی

مصرف نیتروژن در کینوا نیز مانند اکثر محصولات از اولویت برخوردار است، اما میزان و مدیریت مصرف آن بر کارآیی مصرف کود تاثیر معنی‌داری دارد. البته حساسیت کینوا به عوامل محیطی در طول دوره رشد باعث شده که کارآیی مصرف نیتروژن در آن کاملاً به پارامترهای دیگر بستگی داشته باشد. به طوری که افزایش دما در طول دوره گرده‌افشانی موجب کاهش شدید عملکرد، میزان بازیابی نیتروژن و کارایی جذب در سال دوم شد. در سطوح پایین کودی، کارایی جذب و میزان بازیابی نیتروژن مصرفی بیش‌تر بود و میزان افزایش عملکرد و میزان بازیابی نیتروژن در تیمارهای سه بار تقسیط بیش‌تر از دو بار تقسیط بود (تقسیط کودهای محلول خصوصاً در شرایط شور به علت ضرورت آب‌شویی کاملاً ضروری است). بنابراین، نیاز است جهت رسیدن به نتیجه مطلوب مدیریت کودی در شرایط اقلیمی و خاکی متفاوت تعیین شود.

منابع

1. Abugoch James, L.E. 2009. Chapter 1 Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Composition, Chemistry, Nutritional, and Functional Properties. Vol. Volume 58: pp. 1-31. In L. T. Steve (eds), Advances in food and nutrition research. Elsevier Inc.
2. Adolf, V .I., Jacobsen, S. E., and Shabala, S. 2012. Salt tolerance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Env. Exp. Bot. 92: 43-54 .
3. Adolf, V.I., Shabala, S., Andersen, M.N., Razzaghi, F., and Jacobsen, S.E. 2012. Varietal differences of quinoa's tolerance to saline conditions. Plant and Soil. 357: 1-13 .
4. Alandia, G., Jacobsen, S.E., Kyvsgaard, N.C., Condori, B., and Liu, F. 2016. Nitrogen sustains seed yield of quinoa under intermediate drought. J. Agron. Crop Sci. 202: 4. 281-291 .
5. Alvar-Beltrán, J., Dao, A., Dalla Marta, A., Saturnin, C., Casini, P., Sanou, J., and Orlandini, S. 2019. Effect of drought, nitrogen fertilization, temperature and photoperiodicity on quinoa plant growth and development in the Sahel. Agron. 9: 10. 1-16 .
6. Bastidas, E., Roura, R., Rizzolo, D., Massanés, T., and Gomis, R. 2016. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd),

from nutritional value to potential health benefits: an integrative review. J. Nut. Food Sci. 6: 3. 2-10.
7. Bazile, D., Bertero, H.D., and Nieto, C. 2015. State of the art report on quinoa around the world in 2013: FAO. 605 p.
8. Cole, D.L., Woolley, R.K., Tyler, A., Buck, R.L., and Hopkins, B.G. 2020. Mineral nutrient deficiencies in quinoa grown in hydroponics with single nutrient salt/acid/chelate sources. J. Plant Nut. 43: 11. 1661-1673.
9. Fawy, H.A., Attia, M.F., and Hagab, R.H. 2017. Effect of nitrogen fertilization and organic acids on grains productivity and biochemical contents of quinoa plant grown under soil conditions of ras sader-sinai. Egyptian. J. Desert Res. 67: 1. 171-185 .
10. Garcia, M., Condori, B., and Castillo, C.D. 2015. Agroecological and agronomic cultural practices of quinoa in South America. (pp. 25-46). In Murphy, K., and Matanguihan, J. (eds). Quinoa: Improvement and Sustainable Production: Wiley Online Library.
11. Gomaa, E.F. 2013. Effect of Nitrogen, Phosphorus and Biofertilizers on Quinoa Plant (*Chenopodium quinoa*). J. Applied Sci. Res. 9: 8. 5210-5222 .
12. Hinojosa, L., Matanguihan, J.B., and Murphy, K.M. 2019. Effect of high temperature on pollen morphology, plant growth and seed yield in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). J. Agron. Crop Sci. 205: 1. 33-45.
13. Jacobsen, S.E., and Christiansen, J. 2016. Some agronomic strategies for organic quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). J. Agron. Crop Sci. 202: 454-463.
14. Kakabouki, I.P., Hela, D., Roussis, I., Papastylianou, P., Sestras, A.F., and Bilalis, D.J. 2018. Influence of fertilization and soil tillage on nitrogen uptake and utilization efficiency of quinoa crop (*Chenopodium quinoa* Willd.). J. Soil Sci. Plant Nut. 18: 1. 220-235 .
15. Kansomjet, P., Thobunluepop, P., Lertmongkol, S., Sarobol, E., Kaewsuwan, P., Junhaeng, P., and Ivan, M. 2017. Response of physiological characteristics, seed yield and seed quality of quinoa under difference of nitrogen fertilizer management. Am. J. Plant Physiol. 12: 20-27 .
16. Erley, S.A.G., Kaul, H.P., Kruse, M., and Aufhammer, W. 2005. Yield and nitrogen utilization efficiency of the pseudocereals amaranth, quinoa, and buckwheat under differing nitrogen fertilization. Eur. J. Agron. 22: 1. 95-100.
17. Koyro, H.W., Lieth, H., and Eisa, S.S. 2008. Salt tolerance of *Chenopodium quinoa* Willd., grains of the andes: Influence of salinity on biomass production, yield, composition of reserves in the seeds, water and solute relations. 133-145 pp. In: Lieth, H et al. (eds.), Mangroves and Halophytes: Restoration and Utilisation .
18. Mahmoud, A.H., and Sallam, S. 2017. Response of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) plant to nitrogen fertilization and irrigation by saline water. Alex. Sci. Exch. J. 38: 2. 326-334 .
19. Murphy, K.S., and Matanguihan, J. 2015. Quinoa: Improvement and sustainable production: John Wiley Sons. 258 p.
20. Razzaghi, F., Plauborg, F., Jacobsen, S.E., Jensen, C.R., and Andersen, M.N. 2012. Effect of nitrogen and water availability of three soil types on yield, radiation use efficiency and evapotranspiration in field-grown quinoa. Agr. Water Manag. 109: 20-29 .
21. Salehi, M., Soltani, V., and Dehghani, F. 2019. Effect of sowing date on phenologic stages and yield of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under saline condition. Env. Stresses in Crop Sci. 12: 3. 923-932. (In Persian)
22. Sanchez, L.A.H. 2018. Effect of heat and drought stress in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Ph.D thesis, Washington State University.
23. Soltani, A.Sinclair, T.R. 2011. A simple model for chickpea development, growth and yield. Field Crops Res. 124:252-260.
24. Shams, A. 2012. Response of quinoa to nitrogen fertilizer rates under sandy soil conditions. Paper presented at the Proc. 13th International Conf. Agron., Fac. of Agric., Benha Univ., Egypt.

25. Shoman, A. 2018. Effect of sowing dates and nitrogen on productivity of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) at desert areas. J. Plant Prod. 9: 4. 327-332 .
26. Tovar, J.C., Quillatupa, C., Callen, S.T., Castillo, S.E., Pearson, P., Shamin, A., Gehan, M.A. 2020. Heating quinoa shoots results in yield loss by inhibiting fruit production and delaying maturity. The Plant J. 102: 5. 1058-1073.
27. Wang, N., Wang, F., Shock, C.C., Meng, C., and Qiao, L. 2020. Effects of management practices on quinoa growth, seed yield, and quality. Agron. 10: 3. 445-460 .
28. Wieme, R.A., Carpenter-Boggs, L.A., Crowder, D.W., Murphy, K.M., and Reganold, J.P. 2020. Agronomic and economic performance of organic forage, quinoa, and grain crop rotations in the Palouse region of the Pacific Northwest, USA. Agric Syst. 177: 102709.
29. Wieme, R.A., Reganold, J.P., Crowder, D.W., Murphy, K.M., and Carpenter-Boggs, L.A. 2020. Productivity and soil quality of organic forage, quinoa, and grain cropping systems in the dryland Pacific Northwest, USA. Agric. Ecosyst. Environ. 293: 106838 .