تاریخ چاپ: زمستان ۱۳۹۰

تأثیر غلظت نیکل بر رشد دانه‌رست‌های گندم و اثر بعضی عوامل محیطی بر آن

*فاطمه قاسمی، مجید نوجوان: دانشگاه ارومیه

چکیده

نیکل از عناصر ضروری برای رشد گیاهان به‌شمار می‌رود. در این پژوهش، اثر غلظت‌های متغیر نیکل (۱۲۸۰، ٦٤٠، ۳۲۰، ۱٦٠، ۸۰، ٤٠ و ۰ میکرومولار) بر رشد گیاهچه‌های بذری چهار رقم گندم (سرداری، زرین، الموت و C-73-20) و اثر عوامل محیطی مانند تغییرات pH و غلظت کلسیم بر رشد گیاهچه‌های بذری رقم زرین بررسی شد. همچنین میزان تراوش قنـدهای محلول از ریشه به محیط به‌عنوان پاسخ به تنش غلظت‌های بالای نیکل، به روش فنل ـ سولفوریك اندازه‌گیری شد. نتایج نشان دادند که رقم الموت از همه ارقام نسبت به تنش نیکل مقاوم‌تر است.از سوی دیگر بافت‌های ریشه و ساقه پاسخ رشدی متمایزی در برابر نیکل نشان دادند به‌طوری که رشد ریشه‌چه حساس‌ترازساقه‌چه بود. کاهش pH تأثیرباز دارندگی نیکل بر رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه را افزایش داد. این بررسی نشان داد که با افزایش غلظت کلسیم از سمیت نیکل کاسته می‌شود. همچنین نیکل از تراوش قندهای محلول به خارج از سلول‌های ریشه جلوگیری می‌کند.

مقدمه

نیکل یکی از عناصر ساختمانی تعدادی از آنزیم‌ها از جمله اوره‌آز، گلی اکسالاز، پپتید دفرمیلاز و تعدادی از سوپراکسید دیس‌موتازها و هیدروژنازها است [۱]. اثرات تحریك کنندهٔ نیکل بر شوره‌برداری و ماده‌سازی ترکیبات نیتروژنه متمرکز شده است [۲]. جذب و توزیع نیکل در گیاه سویا به خوبی بررسی شده [۳] و ثابت شده است که نیکل به‌وسیلهٔ گیـاهان طی مکانیسم چند مرحله‌ای جذب می‌شود و نیکل موجود دربخش محلول خاك به‌وسیلهٔ ریشه‌ها جذب می‌شود [٤]. احتمالاً نیکل به جای منیزیم ازغشـا عبور می‌کند و مثل سایر کاتـیون‌های دو ظرفیتی ایجاد کمپلـکس آلی می‌کند [۱]، [٥]. ترشح آنیون‌های آلی و تغییر pH خاك به‌وسیلهٔ ریشه‌ها و قارچ‌ها در ریزوسفر، جذب و تثبیت نیکل را در خاك تحت تأثیر قرار می‌دهد [۷]، [٦]. با وجودی که نیکل اضافی رشد گیاه را محدود می‌کند و در طی زمان به گیاه آسیب می‌رساند، هنوز مکانیسم عمل آن به‌خوبی روشن نشده است. نیکل در گیاه همراه با ترکیباتی با بار منفی یافت می‌شود [۸].

یافته‌های پژوهش‌گران نشان می‌دهد نیکلی که با اسید گلوتامیك در گیاه تثبیت شده باشد برای گیاه کلم بسیار سمـی است ولی کمپلکس نیکل با EDTA ازسمیت کم‌تری بـرخوردار است. علامت سمیت نیکل کلروزیس برگ‌ها

واژه‌های کلیدی: نیکل، کلسیم، pH، قندهای محلول، غلات
دریافت ۸۷/٤/۱۹ پذیرش ۸۹/۸/۲٤
*نویسنده مسئول

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-05-26]

است [۱]، [۹]، [۱۰]. در گیاهانی که تحت تنش نیکل هستند، جذب عناصرمعدنی، نمو ریشه و متابولیسم سلولی به‌شدت مختل می‌شوند. غلظت‌های بالای نیکل در بافت‌های گیاهی از فتوسنتز و تنفس جلوگیری می کند [۱۱]، [٤]. ازسوی دیگر، زیادی نیکل سبب کاهش تثبیت بیولوژیکی نیتروژن می‌شود [۱۲]. نیکل درغلظت ٦×١٠^{٤} میلی‌مولار تقسیم سلولی را منع کرده و در غلظت $١٢_{\times}١٠^{٤}$ میلی‌مولار ویژگی‌های غشا سلولی تغییرکرده و از گسترش پروتوپلاست جلوگیری می‌شود [۱۳]. نقش کلسیم در کاهش سمیت نیکل از سال‌ها قبل مورد توجه پژوهش‌گران بوده است [۱٤]، [۱٥]. با وجود این، هنوز در مورد چگونگی سمیت نیکل، دیدگاه روشنی وجود ندارد. هدف این پژوهش، مقایسه حساسیت و یا مقاومت چند رقم گندم در مقابل سطوح مختلف نیکل و تأثیر تغییرات pH و غلظت کلسیم در میزان سمیت آن بود.

مواد و روش‌ها

۱. تأثیر غلظت‌های مختلف نیکل بر رشد گیاهچه چهار رقم گندم:

غلظت‌های ۰، ٤۰، ۸۰، ۱٦۰، ۳۲۰، ٦٤۰ و۱۲۸۰ میکرومولار نیکل از نمك نیترات نیکل تهیه شد. سپس بذرهای ارقام زرین، سرداری، الموت و C-73-20 درهیپوکلریت سدیم ۴% به‌مدت ۱۰ دقیقه ضد عفونی گردید و بعد از آب‌کشی با آب مقطر به ظروف پتری انتقال داده شدند. درهرپتری ۱۰ عدد بذر رقم موردنظر در روی کاغذ صافی قرارداده شده و مقدار ۸ میلی‌لیتراز محلول موردنظردر آن ریخته شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا و هر تیمارسه بار تکرار شد. ظروف به‌مدت ٥ روز دردمای ۲٥ درجهٔ سانتی‌گراد قرارداده شده و سپس طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن خشك دانه‌رست‌ها اندازه‌گیری شد.

۲. اثر تغییرات pH بر رشد گیاهچه گندم رقم زرین در غلظت ثابت نیکل:

دراین آزمایش از غلظت ۳۲۰ میـکرومولار نیـکل استفاده شد و با pH متر (Corning Model 7)، pH محلول‌ها (تیمارها) در۹ و۸ و۷ و ٦ و ٥ به کمك HCl ۰/۱ نرمال و KOH ۰/۱ نرمال و بافر استات تنظیم شد. بذرهای گندم رقم زرین به‌روشی که در بخش ۱-۲ بیان شد آماده و به ظروف پتری منتقل شدند. از محلول هر تیمار۸ میلی‌لیتر در هر پتری ریخته شد و به‌مدت ٥ روز در آون ۲٥ درجهٔ سانتی گراد کشت گردیدند. طرح آزمایشی کاملاً تصادفی به کارگرفته شد و هر تیمار در سه تکرار اجرا شد. وزن خشك و طول ریشه‌چه دانه‌رست‌ها بررسی شد.

۳. اثرمحافظتی کلسیم برمسمومیت ناشی از نیکل:

محلول‌های نیکل با غلظت‌های۰، ۲۰۰،٤۰۰ و٦۰۰ میکرومولار تهیه شد. محلول‌های کلسیم نیز با همان غلظت‌ها از کلرید کلسیم تهیه شد. سپس با مخلوط کردن محلول‌ها با نسبت‌های مساوی غلظت‌های ۰، ۱۰۰،

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-05-26]

۲۰۰ و۳۰۰ میکرومولار نیکل و کلسیم تهیه شدند. بذرهای رقم زرین طبق توضیح فوق تهیه و به ظروف پتری منتقل شدند. از محلول هرتیماربه مقدار ۸ میلی‌لیتردر پتری مربوطه ریخته شده و در آون ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد کشت شدند. بعد از ٥ روز طول و وزن خشك ریشه‌چه و ساقه‌چه بررسی شد.

٤. اثر نیکل بر ترشح قندهای محلول از ریشه‌ها:

بذرهای رقم زرین به‌روش فوق آماده و به ظروف پتری منتقل شدند. از محلول‌های نیترات نیکل با غلظت‌های۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و۳۰۰ میکرو مولار به‌مقدار ۸ میلی‌لیتر به هر ظرف ریخته شد. بعد از٤ روز گیاهچه‌ها دورانداخته شدند. ۲ میلی‌لیتر از محلول‌های باقیمانده در ظروف پتری به لوله آزمایش ریخته شد. به همهٔ لوله‌ها ۲ میلی‌لیتر محلول فنل % ٥ و ۳ میلی‌لیتر اسید سولفوریك غلیظ اضافه شد، و مدت یك ساعت برای تکمیل واکنش در زیر هود قرار داده شدند. در لوله شاهد ۲ میلی‌لیتر آب مقطر، ۲ میلی‌لیترفنل %٥ و۳میلی‌لیتر اسید سولفوریك غلیظ ریخته شد. پس از تنظیم صفر و ۱۰۰ دستگاه اسپکتروفتومتر با لوله شاهد، جذب محلول‌های رنگی درطول موج ٤٨٥ نانومتر اندازه‌گیری شد.

در تمام آزمایش‌ها از طرح آماری کاملاً تصادفی استفاده به‌عمل آمد. تجزیه وتحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SPSS صورت گرفت و از خطای معیار (SE) برای مقایسهٔ میانگین تیمارها استفاده شد. رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel 97 انجام شد.

نتایج

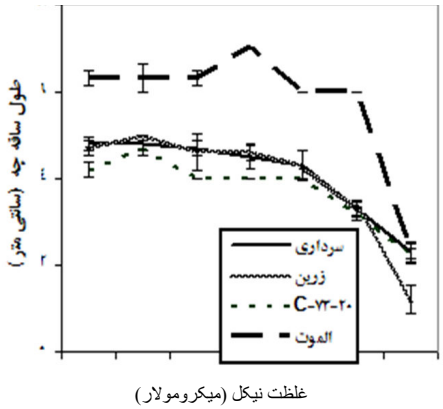
۱. اثر غلظت‌های مختلف نیکل بر رشد گیاهچه چهار رقم گندم

در بررسی تأثیرغلظت‌های مختلف نیکل بر طول ساقه‌چه ارقام گندم (شکل ۱) مشاهده می‌شود که طول ساقه‌چه رقم الموت نسبت به سایرارقام رشد بیش‌تری داشته است. در این رقم با افزایش غلظت تا حدود٦٤٠میکرومولار رشد ساقه‌چه در مقایسه با شاهد کاهش نمی‌یابد. از طرف دیگر تا غلظت ٦٤٠ میکرومولار، رشد الموت به طورمعنی‌دار از ارقام دیگر بالاتر است.

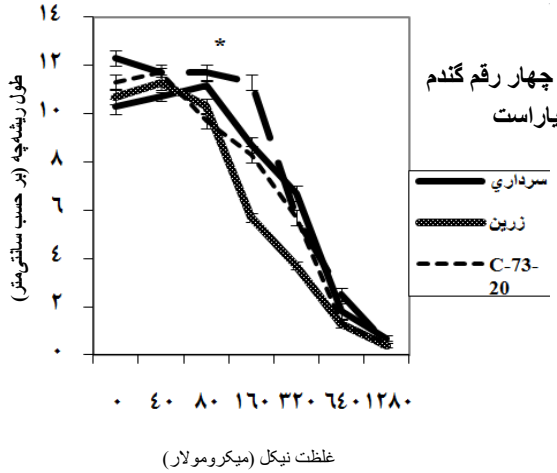
از غلظت ٦٤٠ میکرومولار بالاتر، رقم الموت حساسیت شدید نشان می‌دهد. در حالی که ارقام سرداری و زرین مقاومت یك‌سانی نشان داده و C-73-20 از همه ارقام حساس‌تر است. این سه رقم تا غلظت ۳۲۰ میکرومول نیکل تقریباً مقاومت نسبی نشان می‌دهند ولی از۳۲۰ میکرومولار بالاتر، رشد آن‌ها به سرعت تنزل می‌کند. در این پژوهش اثر غلظت‌های متغیر نیکل بر رشد ریشه‌چه نیز بررسی شد (شکل۲).

در این مورد نیز رشد ریشه‌چه رقم الموت از سایر ارقام درغلظت‌های تا ۱٦۰ میکرومول بالاتر بود. نتیجه جالبی که به‌دست آمد این بود که رشد ریشه‌چه در مقایسه با ساقه‌چه بسیار حساس‌تربود. بدین معنی که رشد ریشه‌چه ازغلظت‌های تقریباً۸۰ میکرو مولاربه سرعت کاهش یافت. برای اطمینان بیش‌تر از نتایج فوق، وزن خشك ریشه‌چه و ساقه‌چه نیز بررسی شد (شکل‌های۳ و٤).

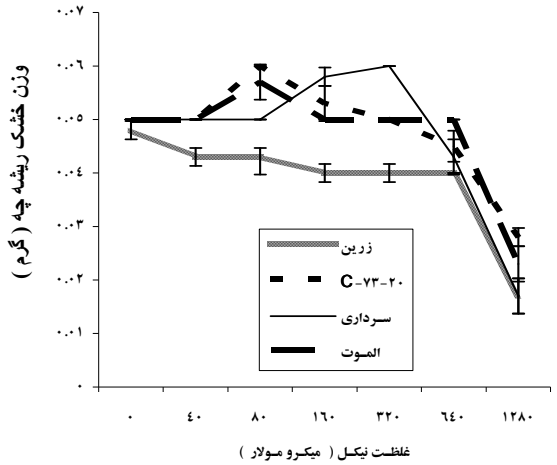
[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-05-26]



شکل ۱. اثر غلظت‌های نیکل بر طول ساقه‌چه در چهار رقم گندم بارهای عمودی نشان‌دهندهٔ میانگین خطای معیار است



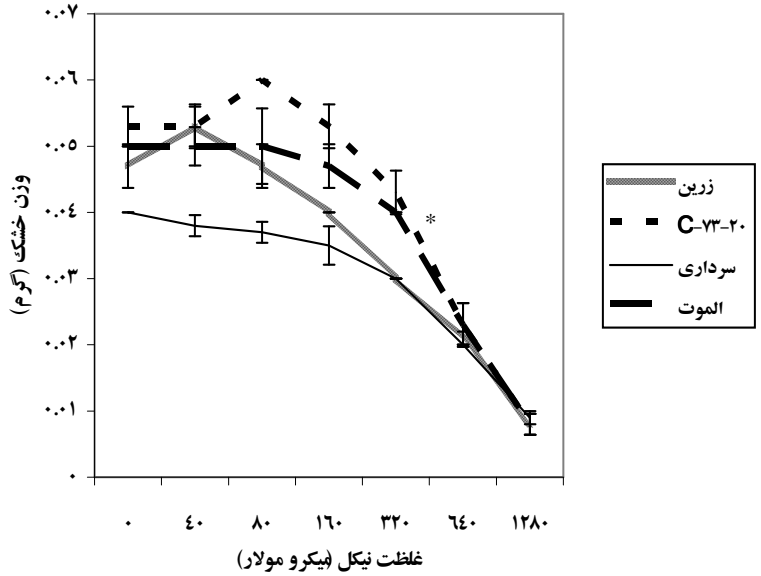
شکل ۲. اثر غلظت‌های مختلف نیکل بر طول ریشه‌چه در چهار رقم گندم * بارهای عمودی نشان‌دهندهٔ میانگین ± خطای معیاراست



شکل ۳. اثرغلظت‌های مختلف نیکل بر وزن خشك ریشه‌چه در چهار رقم گندم. * بارهای عمودی نشان‌دهندهٔ میانگین ± خطای معیار است

چنان که مشاهده می‌شود تا غلظت۸۰ میکرومولار، ریشه‌چه مقاومت نشان می‌دهد ولی از غلظت‌های بالاتر از ۸۰ میکرومول رشد ریشه‌چه به شدت کاهش می‌یابد. این یافته دقیقاً با یافته‌های طول ریشه‌چه تطبیق می‌کند. ولی ساقه‌چه تا غلظت٦٤٠ میکرومول تقریباً از خود مقاومت نشان می‌دهد و از آن به بعد رشد به شدت کاهش می‌یابد ولی هنوز به صفر نمی‌رسد.

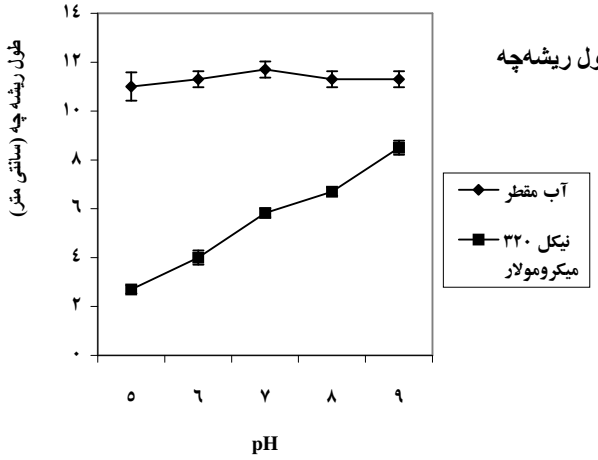
[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-05-26]



شکل ٤. اثر غلظت‌های نیکل بر وزن خشك ساقه‌چه در چهار رقم گندم
*** بارهای عمودی نشان‌دهندهٔ میانگین ± خطای معیار است**

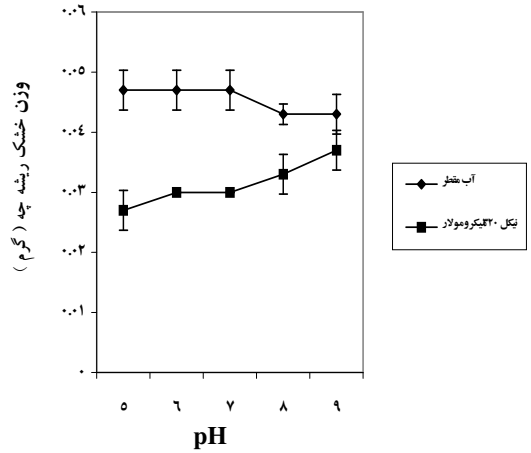
۲. اثر pH بررشد گیاهچه‌های بذری گندم رقم زرین در غلظت ثابت نیکل

در این پژوهش برای بررسی اثر pH بر رشد گیاهچه‌های بذری گندم رقم زرین غلظت متوسط ۳۲۰ میکرومولار نیکل تهیه شد. با افزایش pH درغلظت ثابت نیکل (۳۲۰ میکرومولار)، رشد ریشه‌چه به طور خطی افزایش یافت (شکل۵ و٦). یعنی رشد ریشه‌چه نسبت معکوس با غلظت پروتون دارد. این موضوع از افزایش جذب نیکل در pHهای پائین و کاهش جذب آن درpHهای بالا ناشی می‌شود. در صورتی که در شاهد (بدون نیکل) تغییر pH تأثیر چندانی در رشد ریشه‌چه ندارد و فقط درpHهای پائین‌تر از ۷ میزان رشد اندکی کاهش نشان می‌دهد. شکل ٦ نیز که بر اساس وزن خشك ریشه‌چه رسم شده است همین یافته را تأیید می‌کند. بر اساس نتایج به‌دست آمده از این آزمایش، برای نشان دادن اثر نیکل، بقیه آزمایش‌ها در pH برابر ٥ انجام شد.



شکل ٥. اثر تغییرات pH بر سمیت نیکل با تأثیر بر طول ریشه‌چه
در غلظت ثابت ۳۲۰ میکرومولار نیکل
*** بارهای عمودی نشان‌دهندهٔ میانگین ± خطای معیار است**

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-05-26]



شکل ٦. اثرات pH بر سمیت نیکل با تأثیر بر وزن خشك ریشه‌چه. در غلظت ثابت ۳۲۰ میکرومولار * بارهای عمودی نشان‌دهندهٔ میانگین ± خطای معیار است

۳. بررسی اثرات متقابل کلسیم و نیکل بر رشد گیاهچه‌های بذری گندم (رقم زرین)

با افزایش غلظت کلسیم از صفر تا ۳۰۰ میکرو مولار(غلظت صفر میکرومولارنیکل) رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه افزایش می‌یابد (جدول۱). با افزایش غلظت نیکل ازصفرتا ۳۰۰ میکرومولار (غلظت صفر میکرومولار کلسیم) رشد ریشه‌چه وساقه‌چه کاهش می‌یابد (جدول۱). اما در حضور کلسیم، از اثر بازدارندگی نیکل بر رشد کاسته می‌شود. با توجه به نتایج حاصل، مشاهده می‌شود که رشد ریشه‌چه بیش‌تر از ساقه‌چه تحت تأثیر غلظت‌های بالای نیکل است. برای تأیید نتایج وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه نیز اندازه‌گیری شد (جدول۱) و نتایج مشابهی به‌دست آمد.

جدول ۱. اثرات متقابل نیکل و کلسیم بر طول و وزن خشک ریشه‌چه وساقه‌چه گیاهچه‌های بذری گندم (رقم زرین)

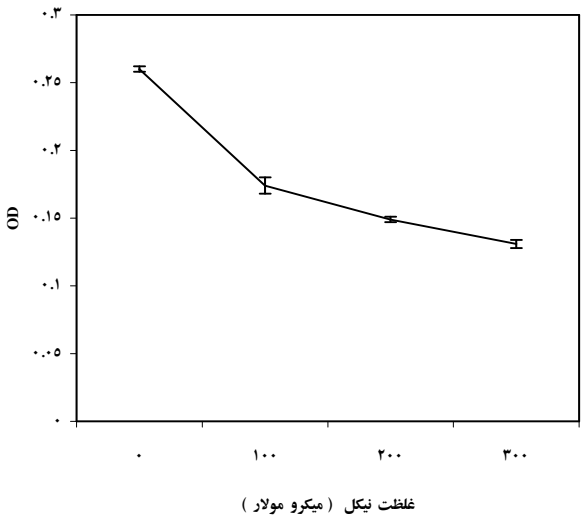
معیار اندازه گیری	۳۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۰	غلظت کلسیم / غلظت نیکل
طول ریشه چه	۰/۳۳±۱۵/۳	۰/۱۷±۱۲/۷	۰/۱۷±۱۲/۳	۰/۱۷±۱۲/۱۷	۰
	۰/۱۷±۱۰/۷	۰/۵±۱۰/۳	۱±۱۰	۰/۵۸±۹	۱۰۰
	۰/۵±۴/۷	۰±۴/۳	۰±۴	۰/۱۷±۳/۷	۲۰۰
	۰/۴۴±۳/۵	۰/۲۹±۳	۰/۱۷±۲/۷	۰/۱۷±۲/۳	۳۰۰
طول ساقه چه	۰/۲۹±۹	۰/۳۳±۸/۷	۰/۲۹±۸/۵	۰/۲۹±۸/۵	۰
	۰/۱۷±۸/۳	۰/۵±۸	۰±۷	۰±۷	۱۰۰
	۰/۳۳±۷/۳	۰/۳۳±۷/۳	۰±۷	۰/۱۷±۶/۷	۲۰۰
	۰±۷	۰/۳۳±۶/۷	۰±۶/۵	۰/۳۳±۵/۸۳	۳۰۰
وزن خشک ریشه چه	۰/۰۰۳۳±۰/۰۵۷	۰/۰۰۳۳±۰/۰۵۷	۰/۰۰۳۳±۰/۰۵۷	۰±۰/۰۶	۰
	۰/۰۰۳۳±۰/۰۴۳	۰/۰۰۳۳±۰/۰۴۳	۰/۰۰۳۳±۰/۰۴۳	۰/۰۰۳۳±۰/۰۴۳	۱۰۰
	۰/۰۰۳۳±۰/۰۳۳	۰/۰۰۳۳±۰/۰۳۳	۰/۰۰۳۳±۰/۰۳۳	۰±۰/۰۳	۲۰۰
	۰/۰۰۳۳±۰/۰۲۳	۰±۰/۰۲	۰±۰/۰۲	۰±۰/۰۲	۳۰۰
وزن خشک ساقه چه	۰±۰/۰۶	۰±۰/۰۶	۰/۰۰۳۳±۰/۰۵۷	۰/۰۰۳۳±۰/۰۵۷	۰
	۰±۰/۰۷	۰±۰/۰۷	۰±۰/۰۷	۰±۰/۰۶	۱۰۰
	۰/۰۰۱۷±۰/۰۶۸	۰±۰/۰۶۵	۰/۰۰۳۳±۰/۰۶۳	۰/۰۰۱۷±۰/۰۵۲	۲۰۰
	۰/۰۰۶۷±۰/۰۵۳	۰/۰۰۳۳±۰/۰۵۳	۰/۰۰۱۷±۰/۰۵۲	۰±۰/۰۵	۳۰۰

توجه: غلظت‌های کلسیم ونیکل بر حسب میکرومولار است. طول ریشه‌چه وساقه‌چه برحسب سانتی متر و وزن خشک برحسب گرم اندازه‌گیری شده است. هر کدام از مقادیر به‌دست آمده میانگین سه تکرار± خطای معیار است.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-05-26]

٤-بررسی تأثیرنیکل بر ترشح قندهای محلول از ریشه:

با توجه به شکل ۷ مشاهده شد که با افزایش غلظت نیکل از ۰ به ۱۰۰ میکرومولار، میزان جذب قندهای محلول (OD) به شدت کاهش یافت به‌طوری‌که شیب منحنی در این قسمت بسیار تند است. اما با افزایش غلظت نیکل از ۱۰۰تا ۲۰۰ و ۳۰۰ میکرومولار، بتدریج از تندی شیب منحنی نسبت به مقدارقبلی کاسته می‌شود.



شکل۷. اثر غلظت‌های مختلف نیکل بر ترشح قندهای محلول از ریشه
*** بارهای عمودی نشان‌دهندهٔ میانگین ± خطای معیار است**

تفسیر نتایج

در بررسی‌های انجام شده نشان داده شده است که در میان گیاهان آزمایشی، نخود مقاوم‌ترین گیاه به سطوح بالای نیکل است. در بین غلات یولاف حساس‌ترین و گندم و جو مقاوم‌ترین آن‌ها در برابر غلظت‌های بالای نیکل هستند [۱٦]. اما با توجه به نتایج حاصل از این بررسی می‌توان نتیجه گرفت که مقاومت ارقام مختلف گندم در برابر غلظت‌های بالای نیکل یکسان نیست و مقاومت رقم الموت به طور معنی‌داری از ارقام دیگر بالاتر و رقم C-73-20 از همه حساس‌تراست. رشد ریشه‌چه در مقایسه با ساقه‌چه نسبت به غلظت‌های بالای نیکل حساس‌تر است، بنا بر این بافت‌های ساقه‌ای و ریشه‌ای در برابر غلظت‌های مختلف نیکل پاسخ رشدی تمایزی[۱] از خود نشان می‌دهند. این پدیده می‌تواند از دلایل مختلفی ناشی شده باشد ازجمله:

الف) کندی انتقال نیکل از ریشه‌چه به ساقه‌چه که یافته‌های Yang نیز این یافته‌ها را تأیید می‌کند [۸].

ب) چون ریشه‌چه زودتر از ساقه‌چه پوستهٔ دانه را شکسته و ظاهر می‌شود، بنا بر این زودتر تحت تأثیر غلظت‌های بالای نیکل قرار می‌گیرد.

مطلب دیگری که باید اضافه کرد این است که در اکثر ارقام، نیکل در غلظت‌های پائین اثر ترغیبی نشان

۱. differential growth response

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-05-26]

می‌دهد که این نتایج با یافته‌های براون[۱] و ارنست[۲] مطابقت دارد [۱۷]، [۱۸]. بنا بر این می‌توان توصیه کرد که در مناطقی که غلظت نیکل در حدود ٤٠ میلی مولار الی ۸۰ میلی‌مولار باشد به راحتی ارقام مختلف گندم را کشت کرد. ولی اگر غلظت‌ها بالاتر از ۰ الی۳۲۰ میکرومولار باشد، باید از ارقام مقاوم گندم مثل الموت استفاده کرد.

مقدار جذب یون‌های موجود در محیط ریشه تحت تأثیر pH تغییرمی‌کند. بنا بر این pH ریزوسفر در جذب عناصر معدنی تأثیر مستقیم دارد. در ضمن همانندسازی[۳] یون‌های مختلف که به‌وسیلهٔ آنزیم‌ها انجام می‌گیرد نیز تحت تأثیر pH تغییر می‌کند. مهم‌ترین عامل در جذب یون‌ها و عبور آن‌ها ازغشای پلاسمایی غلظت پروتون در خارج سلول و در طرف دیوارهٔ یاخته است. زیرا حاملین همبر[٤] و حاملین پادبر[٥] اختلاف پتانسیل الکتریکی و اختلاف پتانسیل شیمیایی H^+ را که در طرفین غشا برقرار می‌شود، به‌عنوان منبع انرژی برای جذب یون‌ها مورد استفاده قرار می‌دهند.

این اختلاف پتانسیل الکتروشیمیایی در اثرعمل پمپ‌های الکتروژنیك مثل ATP-آز پمپ‌کنندهٔ پروتون (H^+- *ATpase*) غشای پلاسمایی و ATP- آز پمپ‌کنندهٔ کلسیم (Ca^{2+}- ATpase) ایجاد می‌شود.

در حقیقت برای ایجاد این اختلاف پتانسیل الکتروشیمیایی ATP صرف می‌شود. اگر pH محیط بسیار پایین باشد ($pH < ٥$) غشای سلولی آسیب دیده و به مواد درون سلولی قابل نشت می‌گردد. در بالاتر از این حد (یعنی بین ٥ تا ۹) کاهش pH یعنی افزایش غلظت یون‌های پروتون سبب افزایش جذب کاتیون‌های دوظرفیتی نظیر آهن، روی، کبالت و غیره می‌شود [۱]. با توجه به نتایج حاصل می‌توان بیان کرد که نیکل در خاك‌های اسیدی که به مقدار زیاد در فاز مایع خاك حل می‌شود، به مقدارزیادی نیزجذب می‌گردد. بنا بر این در خاك‌های مناطقی که اسیدی هستند و مشکل سمیت نیکل نیز دارند، با دادن کودهای آهکی، pH خاك را اصلاح کرده و از جدا شدن نیکل با یون‌های H^+ از سطح کلوئیدی خاك و وارد شدن آن به فاز مایع خاك کاست و از طرف دیگر از جذب شدن زیاد آن جلوگیری کرد [۱۹]، [١٦].

چنان که قبلاً ذکر گردید در خاك‌هایی که دچار آلودگی نیکل هستند، با افزایش آهك یا کلسیم به محیط و در نتیجه افزایش pH خاك، از سمیت نیکل می‌توان جلوگیری کرد. کلسیم در غلظت‌های بالاتر از ۱۰۰ میکرومولار می‌تواند اثر ترغیبی بر رشد داشته و سمیت ناشی از نیکل را تا حدودی کاهش دهد. اما این کاهش درساقه‌چه بیش‌تر از ریشه‌چه مشهود بود (جدول ۱). احتمالاً، همان‌گونه که قبلاً نیز اشاره شد، انتقال نیکل از ریشه به ساقه کم‌تر صورت می‌گیرد اما ممکن است انتقال کلسیم بیش‌ترصورت گرفته باشد. از طرف دیگر کلسیم نفوذ بسیاری از فلزات سنگین را به گیاه کاهش می‌دهد [۸]. در نتیجه ممکن است در اینجا نیز با نیکل ضدیت نشان داده و از جذب آن بکاهد. بدین ترتیب کلسیم با غلظت‌های بالا (بالاتراز۱۰۰ میکرومولار) می‌تواند اثر سمیت نیکل را کاهش دهد.

۱. Brown ۲. Ernst ۳. Assimilation ٤. cotransporters ٥. antiporters

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-05-26]

در بررسی‌های انجام شده، اثبات شده است که با افزایش نیکل در محیط، غلظت قندهای محلول و اسیدهای آلی در بخش‌های مختلف گیاه، افزایش می‌یابد [۴]. با افزایش غلظت نیکل در محیط، ترشح قندهای محلول از ریشه به محیط به شدت کاهش یافت (شکل۷). این امرممکن است از غیرفعال شدن آمیلاز ناشی شود. یا این‌که غشاهای سلولی چنان تحت تأثیر قرار می‌گیرند که از تراوش قندهای محلول به خارج از سلول‌ها جلوگیری می‌شود. بنا بر این، غلظت‌های بالای نیکل از تشکیل میکوریزا و تثبیت ازت (درلگوم‌ها) جلوگیری خواهند کرد که از لحاظ کشاورزی اهمیت بسیار زیادی دارند.

با توجه به افزایش آلودگی ناشی از فلزات سنگین از جمله نیکل در خاک‌های زراعی، نیاز به تحقیق دربارهٔ گیاهان مقاوم به غلظت‌های سمی نیکل، مکانیسم‌های تحمل در این گیاهان، کلون کردن ژن‌های کد دهنده به پروتئین‌های کلاته کننده نیکل و انتقال آن‌ها به گیاهان زراعی مورد نظرکاملاً مشهود است.

منابع

1. C. Chen, D. Huang and J. Liu, "Functions and Toxicity of Nickel in Plants :Advances and Future Prospects", Clean - Journal, 37 (2009) 304-313.
2. J. B. De Catazaro, T. C. Hutchinson, "Effects of nickel addition on nitrogen mineralization, nitrification and nitrogen leaching in some boreal Forest Soils", J. of Water, Air and Soil Pollution, 24 (1985) 153.
3. D. A. Cataldo, T. R. Garland, R.E. Wildung, "Nickel in plants", Plant Physiology, 62 (1978) 563-566.
4. S. M. Ross, "Toxic Metals in Soil-Plant Systems", John Wiley and Sons Ltd., London (1994).
5. G. K. Bsaras, Th. Constantinidis, B. Cotsopoulos and Y. Manetas, "Relative aboundance of nickel in the leaf epidermis of eight hyperaccumulators: evidance that the metal is excluded from both guard cells and trichomes", Annals of Botany, 86 (2000) 73-78.
6. M. L. Berrow, I.C. Burridge, "Sources and Distribution of Trace Elements in Soils and Related Crops", CEP Consultants Ltd. Edinburgh, U.K. (1979).
7. S. Staunton, B. Bonafos, E. Leclerc-Cessac," Possible effects of root action in the rhizosphere on the adsorption of trace amounts of nickel by various soils", In : Kabat-Pendias , A. (Ed.) Trace Elements in Soils and Plants, CRC Press, (2001).
8. X. Yang , V.C. Baligar , D. C. Martens and R.B. Clark, "Plant tolerance to nickel toxicity. I: Influx , transport and accumulation of nickel in four species", J. of Plant Nutr., 19 (1996) 73-85.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-05-26]

9. C. E. Pankhurst, S. L. Rogers and V. V. S. R. Gupta, "Microbial parameters for monitoring soil pollution, In: Lynch, J.M. and Wiseman", A. (Eds)Environmental Biomonitoring: The Biotechnology Ecotoxicology Interface, Cambridge University Press (1998).

10. J. Proctor, L. Nagy, "Ultramafic rocks and their vegetation: an overview", In: Baker, A.J.M., Proctor, J. and Reeves, R. D. (Eds) The Vegetation of Ultramafic (Serpentine) Soils, Intercept, Ltd., Andover, Hants (1992).

11. F. A. Bazzaz, R. W. Carlson and G. L. Rolfe, "The effects of heavy metals on plants", In: Kabat-Pendias, A. (Ed.) Trace Elements in Soils and Plants, CRC Press (2001).

12. S. J. Vesper, T. C. Weidensaul, "Effects of cadmium, nickel, copper and zinc on nitrogen fixation by soybeans", J. of Water, Air and Soil Pollution (1978).

13. A. I. Robertson And M. E. R. Meakin, "The effects of nickel on cell division and growth of Brachystegia spiciformis seedlings", In: Ross, S. M. (Ed.) Toxic Metals in Soil-Plant Systems, John Wiley & Sons Ltd. London (1994).

14. A. J. Anderson, D. R. Meyer, F. K. Mayer, "Effects of the environment on the symptom pattern of nickel toxicity in the oat plan"t, J. of Annals of Botany, 43 (1979) 271-283.

15. A. J. Anderson, D. R. Meyer, F. K. Mayer, "Heavy metal toxicities: Levels of nickel, cobalt and chromium in the soil and plants associated with visual symptoms and variation in growth of an oat crop", In: Kabat-Pendias, A. (Ed.) Trace Elements in Soils and Plants, CRC Press (2001).

16. E. A. Jenne, "Controls on Mn, Fe, Co, Ni, Cu and Zn concentrations in soils and water: The significant role of hydrous Mn and Fe oxides", In: Ross, S.M (Ed.) Toxic Metals in Soils-Plant System, John Wiley and Sons, Ltd. London (1994).

17. P. H. Brown, R. M. Welch and E. E. Cary, Nickel: "A micronutrient essential for higher plants, Plant Physiology", 85 (1987) 80-83.

18. W. H. O. Ernst, Mine vegetation in Europe, In: Shaw, A. J. (Ed.) "Heavy Metal Tolerance in Plants: Evolutionary Aspects", CRC Press, Boca Raton, FL. (1990).

19. M. Mench, E. Martin, "Mobilization of cadmium and other metals from two soils by root exudates of Zea mays L.", Nicotiana tobacum L. and Nicotiana rustica L. Plant and soil, 32 (1991) 187-198.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-05-26]