دانشکده کشاورزی

گروه علوم و مهندسی خاک

رابطه آب خاک و گیاه

تهیه و تنظیم

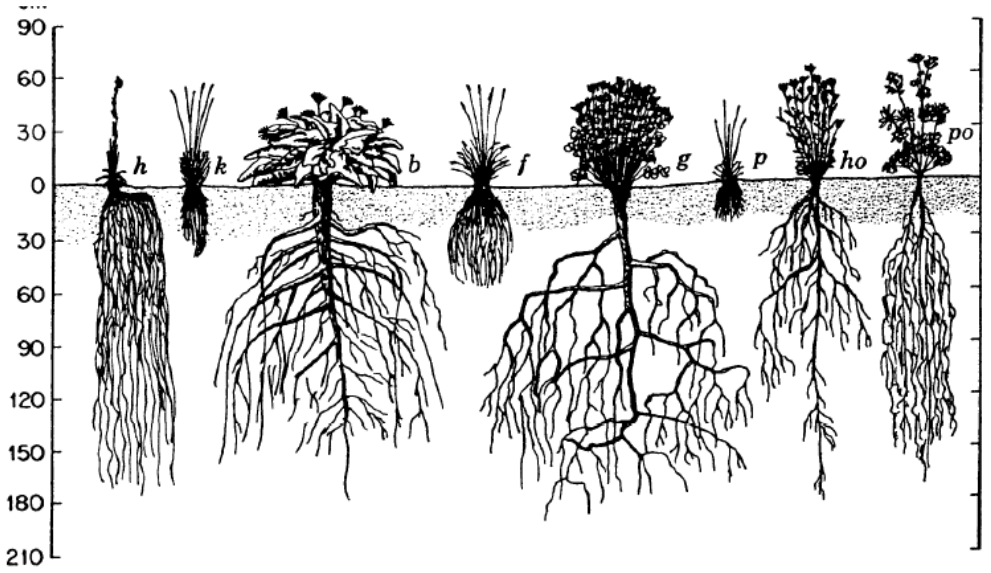
حیدر غفاری

عوامل موثر بر جذب آب:

الف- عوامل درونی موثر بر جذب:

۱- گستردگی، سطح و عمق سیستم ریشه: افزایش گستردگی، سطح و عمق ریشه سبب افزایش جذب آب می‌شود. معمولاً وجود ریشه‌های بزرگتر سبب اشغال حجم بزرگتری از خاک توسط سیستم ریشه‌ای گیاه شده و در نتیجه، حجم بیشتری از آب در دسترس آن است. همچنین وجود سیستم ریشه‌ای عمیق و گسترده این امکان را می‌دهد که حجم آب مورد استفاده در هر نوبت آبیاری، افزایش یافته و فاصله زمانی بین دو نوبت آبیاری بیشتر گردد. در درختان گرچه معمولاً میزان نفوذپذیری ریشه های چوبی کمتر از ریشه های جوان‌تر است، ولی به دلیل سطح زیاد ریشه‌های چوبی، که در تماس با خاک و آب می‌باشد، نقش آنها در جذب آب بسیار زیادتر است.

۲- نفوذپذیری ریشه: به طور کلی، میزان نفوذپذیری ریشه ها نسبت به آب متغیر بوده و به سن ریشه، شرایط محیطی و فعالیت ریشه بستگی دارد .معمولاً میزان نفوذپذیری ریشه‌های مویی و ریشه‌های جوان چوپ پنبه‌ای نشده بسیار بیشتر از ریشه‌های چوپ پنبه ای شده است. اما با توجه به اینکه در گیاهان چند ساله، ریشه های چوپ پنبه ای نشده تنها بخش کوچکی از سیستم ریشه این گیاهان را تشکیل می‌دهد، بنابراین جذب آب توسط ریشه‌های چوپ پنبه‌ای شده مهم است .



شکل۱۲-۵ اختلافات در پراکنش و عمق سیستم ریشه گونه‌های مختلف گیاهی در یک خاک عمیق با تهویه مناسب (کرامر، ۱۹۹۵).

ب- عوامل بیرونی موثر بر جذب آب:

کمبود آب خاک

وجود شرایط تنش‌زا مانند خشکی و شوری خاک سبب کاهش نفوذپذیری ریشه‌ها نسبت به آب می‌شود. کاهش رطوبت خاک پتانسیل آب را کاهش داده و درنتیجه ازطریق افزایش مقاومت خاک و ریشه سبب کاهش جذب آب می‌شود. افزایش مقاومت خاک با خشک‌شدن آن، به‌دلیل خالی‌شدن منافذ بزرگتر از آب است. افزایش سوبرینی‌شدن ریشه‌ها در خاک‌های درحال خشک‌شدن نیز می‌تواند سبب کاهش نفوذپذیری ریشه و افزایش مقاومت دربرابر جریان آب گردد (اشتودل، ۲۰۰۰).

تهویه خاک

معمولاً به‌لحاظ ترکیب، اتمسفر ریشه‌ها با هوا کاملاً متفاوت است. غلظت اکسیژن در خاک بسیار کمتر از هوا و غلظت دی‌اکسیدکربن بسیار بیشتر است. نیتروژن گازی خنثی بوده و غلظت آن بر رشد ریشه‌ها تأثیر چندانی ندارد، درحالی‌که غلظت اکسیژن و دی‌اکسیدکربن بر رشد ریشه‌ها مؤثر می‌باشد. اکسیژن برای فرایندهای متابولیکی ریشه لازم است و کمبود آن باعث اختلالات متابولیکی مثل اختلال در تنفس و کاهش رشد ریشه می‌شود. کمبود اکسیژن در شرایط غرقابی و یا سنگین‌بودن خاک حادث می‌شود و می‌تواند سبب پژمردگی، اپی‌ناستی (تشکیل ناقص برگ و یا تشکیل برگ به‌شکل غیرطبیعی) و زردشدن برگ‌ها شود.

بعضی گونه‌ها مثل برنج، اکسیژن را ازطریق اندام‌های هوایی به ریشه منتقل کرده و به‌همین علت نسبت به شرایط غرقابی مقاوم هستند. در این گیاه، انتقال اکسیژن ازطریق مجاری مخصوصی، که از ساقه به ریشه امتداد داشته و آئرانشیم (Aerenchyma) نامیده می‌شود، صورت می‌گیرد. لازم‌به‌ذکر است که برخی‌از گونه‌های بیماری‌زا در خاک‌های دارای تهویه ضعیف، به‌خوبی گسترش یافته و خسارت زیادی به گیاه وارد می‌سازند.

دمای خاک

دمای خاک به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر جذب آب مؤثر است. کاهش قابلیت دسترسی به آب در خاک‌های سرد یا یخ‌زده یکی‌از عوامل محدودکننده رشد گیاهان در مناطق قطبی است. کم‌بودن دمای خاک، باعث کاهش رشد ریشه، افزایش ویسکوزیته آب (ویسکوزیته آب در صفر درجه سانتی‌گراد دوبرابر ویسکوزیته آن در ۲۵°C است)، افزایش مقاومت ریشه‌ها درمقابل حرکت آب (به‌دلیل کاهش نفوذپذیری غشاهای سلولی و اثرات افزایش ویسکوزیته) و کاهش فعالیت‌های متابولیکی سلول‌های ریشه می‌گردد. در خاک‌های سرد و مرطوب، درجه‌حرارت پایین و شرایط تهویه ضعیف می‌تواند سبب کاهش نفوذپذیری ریشه و افزایش مقاومت ریشه دربرابر جریان آب شود (سالیسبوری و راس، ۱۹۹۶).

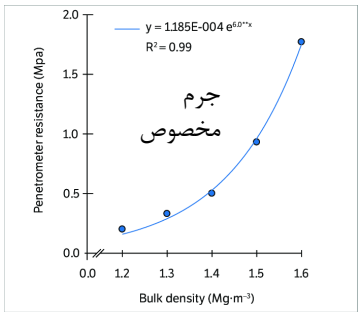
دماهای بالا نیز می‌تواند سبب کاهش جذب آب شود. در گوجه‌فرنگی حداکثر میزان ترشحات ریشه در ۲۴°C اتفاق افتاد و با افزایش دما میزان این ترشحات کاهش یافت که به‌دلیل کاهش جذب آب و املاح در درجه‌حرارت‌های بالا بود. البته افزایش دما به‌نحوی که مانع جذب آب گردد، فقط درمورد ریشه‌هایی که در خاک‌های سطحی و گلدان‌هایی که درمعرض تابش آفتاب قرار گرفته بودند، صورت پذیرفت (کرامر، ۱۹۹۵).

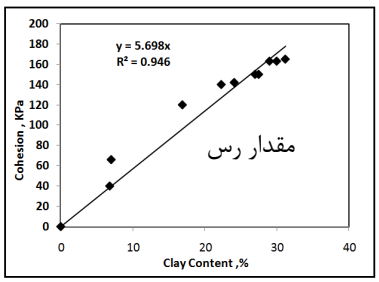
مقاومت مکانیکی خاک

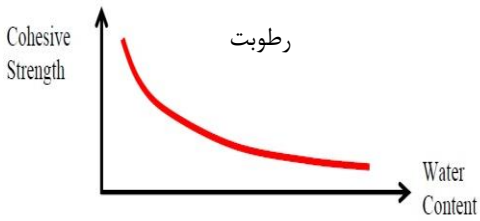
- رشد ریشه و توانایی آن برای جذب آب از خاک میتواند مستقیماً تحت تأثیر مقاومت مکانیکی خاک قرار بگیرد. مقاومت خاک در برابر نفوذ نتیجه نیروهای همدوسی بین ذرات خاک و همچنین مقاومت اصطکاکی بین آنها است. به جز ترک ها و منافذ درشت (مانند کانال های کرم خاکی و فضای خالی ریشه پوسیده محصول قبلی) که مسیرهایی را برای رشد ریشه ها فراهم می کنند، ازدیاد طول ریشه در خاک تنها زمانی امکان پذیر است که فشار ریشه از مقاومت در برابر نفوذ خاک فراتر رود. مقاومت مکانیکی خاک در برابر نفوذ عمدتاً به نوع خاک، جرم مخصوص ظاهری و مقدار رطوبت خاک بستگی دارد.

هرچه مقدار رس بیشتر و مقدار ماده آلی خاک کمتر باشد، مقاومت خاک شدیدتر است. افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک یا تراکم منجر به تغییرات در تخلخل کل و توزیع اندازه منافذ میشود. رطوبت خاک از طریق تاثیر بر چسبندگی و اصطکاک بین ذرات مقاومت خاک را تغییر میدهد. در شرایط خاک اشباع، به دلیل وجود آب آزاد در منافذ خاک، چسبندگی در حداقل خود است. هنگامی که رطوبت خاک کاهش می یابد، مکش خاک افزایش یافته و آب نگه داشته شده توسط ذرات خاک به عنوان یک عامل پیوند عمل میکنند،

با توجه با ثابت بودن جرم مخصوص ظاهری و مقدار رس برای یک خاک معین، بنابراین، مقاومت خاک عمدتا به تغییرات رطوبت خاک مرتبط است. مطالعات نشان داده که در مقاومت بزرگتر از ۲.۵ مگاپاسکال، ازدیاد طول ریشه به طور قابل توجهی محدود می شود.







متداول ترین روش برای ارزیابی مقاومت خاک با استفاده از یک نفوذ سنج است که نیروی مورد نیاز برای فروبردن یک میله با نوک مخروطی را اندازه گیری میکند. نفوذ سنج های مخروطی به طور گسترده در کشاورزی و باغبانی برای مطالعه سیستم خاکورزی، تراکم خاک و تشکیل پوسته سطحی خاک استفاده میشوند. مطالعات انجام شده همبستگی قوی بین مقاومت مکانیکی خاک با ازدیاد طول ریشه و همچنین عملکرد محصول را نشان میدهد.

حاصلخیزی، شوری و pH خاک

ریشه مثل اندام‌های هوایی، به املاح معدنی برای رشد مطلوب نیاز دارد. به‌علت نزدیکی ریشه‌ها به منبع آب و موادغذایی، ریشه‌ها اولین فرصت را برای استفاده از آب و عناصرغذایی دارند، درحالی‌که درمورداستفاده از مواد فتوسنتزی تشکیل شده در اندام‌های هوایی، آخرین شانس را دارند. به‌همین دلیل

تأثیر کمبود آب و موادمعدنی روی رشد ریشه کمتر از اندام‌های هوایی است، مگر اینکه این کاهش مستقیماً روی فتوسنتز اثر بگذارد (مثل کمبود آهن که سبب کاهش کلروفیل می‌شود). کوددهی برای بروز خصوصیات ذاتی ریشه مناسب و گاهی لازم است. کلسیم و بُر اثرات مستقیمی بر رشد ریشه داشته و برای رشد ریشه ضروری هستند.

گرچه وفور برخی‌از عناصرغذایی به‌ویژه فسفر و نیتروژن می‌تواند باعث تحریک رشد ریشه شود، ولی به‌دلیل اینکه رشد اندام‌های هوایی بیشتر از رشد ریشه تحریک می‌شود، بنابراین، در خاک‌های حاصلخیز معمولاً نسبت ریشه به اندام‌های هوایی کمتر از خاک‌های ضعیف‌تر می‌باشد. به‌هرحال، اطلاعات کافی از اثرات تک‌تک عناصر بر رشد ریشه دردست نیست، ولی مشخص شده است که کمبود بُر و کلسیم باعث کوتاه‌شدن انشعابات ریشه و مرگ نوک ریشه‌ها می‌شود. احتمالاً عدم‌توانایی نفوذ ریشه در بعضی از خاک‌ها، بیشتر مربوط به کمبود عناصرغذایی است، تا اینکه به‌دلیل مقاومت مکانیکی یا کمبود تهویه خاک باشد. به‌نظر می‌رسد پتاسیم در طویل‌شدن و منشعب‌شدن ریشه اثر مستقیمی نداشته باشد، ولی وجود آن برای برخی اعمال فیزیولوژیکی ریشه لازم است. نقصان پتاسیم ممکن‌است باعث تضعیف سیستم انتقال مواد و کاهش نفوذپذیری سلول‌ها شود.

ازطرفی غلظت زیاد املاح خاک رشد ریشه را کند یا متوقف ساخته و بلوغ آن‌را تسریع می‌کند، که درنتیجه ریشه‌ها چوب‌پنبه‌ای می‌شوند. به‌هرحال، ازنظر میزان تحمل ریشه‌ها نسبت به شوری خاک و آب آبیاری، اختلافات بین‌گونه‌ای و درون‌گونه‌ای زیادی وجود دارد، که می‌توان از این اختلافات در برنامه‌های به‌نژادی استفاده کرد و ژن‌های مقاومت را به گیاهان موردنظر منتقل نمود.

pH خاک در دامنه وسیعی، اثر مستقیم اندکی بر رشد ریشه دارد و فقط وقتی اهمیت می‌یابد که باعث غیرقابل دسترس‌شدن تعدادی از عناصرغذایی می‌شود. pHهای بالا و پایین ازطریق کاهش حلالیت تعدادی از عناصر و یا افزایش حلالیت برخی‌از عناصر تاحد مقادیر سمی می‌توانند برای گیاه مشکل‌ساز شوند. به‌عنوان مثال، pH بالا می‌تواند سبب کمبود آهن و منگنز قابل‌دسترس برای ریشه‌ها شود. همچنین، pH پایین می‌تواند ازطریق افزایش حلالیت آلومینیوم این عنصر را تاحد مقادیر سمی دردسترس ریشه‌ها قرار دهد. به‌طورکلی، درصورت مهیابودن عناصرغذایی، گیاهان قادرند تا در pH بین ۴ تا ۹ به‌خوبی رشد کنند.

رقابت

افزایش تراکم بوته، باعث تشدید رقابت و کاهش رشد ریشه تک‌بوته می‌شود. برای مثال، ملاحظه شده است که سیستم ریشه جو و گندم در شرایط عدم‌رقابت می‌تواند تا ۱۰۰ برابر بزرگتر از حالتی باشد که این گیاهان در ردیف‌های ۱۵ سانتی‌متری کشت می‌شوند. ثابت شده است که ریشه علف‌های هرز ازطریق مصرف و درنتیجه کاهش اکسیژن خاک و افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن، رشد ریشه درختان را کاهش می‌دهند. اثرات منفی یک گیاه بر گیاه دیگر می‌تواند ناشی‌از تخلیه آب یا عناصرغذایی مخصوصاً نیتروژن توسط گیاه اول، آزادکردن ترکیبات سمی از ریشه یا برگ‌ها و تولید ترکیبات سمی از تجزیه بقایای گیاه اول و اثر آن بر گیاه دوم باشد. در مواردی که کاهش رشد ناشی‌از ترکیبات سمی یک گیاه بر گیاه دیگر باشد، به آن آللوپاتی (allelopathy) می‌گویند (کرامر، ۱۹۹۵).

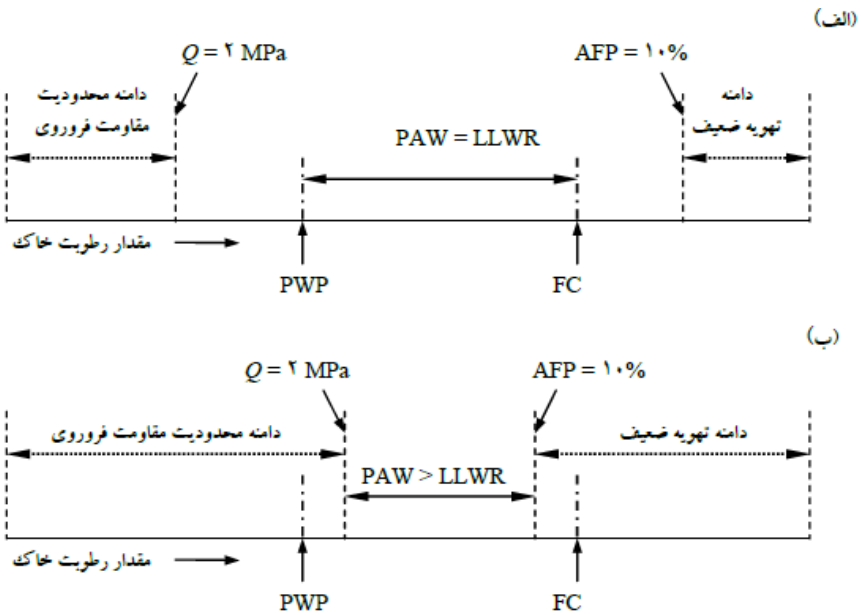
نکته قابل‌توجه این‌است‌که این عوامل می‌توانند به‌صورت چندگانه وجود داشته و اثرات یکدیگر را تشدید کنند. به‌عنوان مثال، دماهای بالا می‌تواند سبب تشدید خسارت غرقاب در گونه‌های درختی شود. به‌نظر می‌رسد که افزایش فعالیت‌های متابولیکی با افزایش دما و درنتیجه نیاز بیشتر گیاه به اکسیژن دلیل اصلی این مسئله باشد. فعالیت متابولیکی ریشه در نفوذپذیری آن نسبت به آب نقش دارد. ملاحظه شده است که اگر با مواد بازدارنده‌ای مانند آزید (Azide) ، سیانید (Cyanide) و دی‌نیتروفنول (Dinitrophenol) تنفس ریشه بازداشته شود، جذب اسمزی و غیرفعال کاهش می‌یابد.

- اکنون یک سوال واضح مطرح می شود. مقدار بهینه برای هر یک از این پارامترها نسبت به تولید محصول چقدر است؟ پاسخ ساده به این سوال ممکن نیست. یکی از مشکلات اصلی از این واقعیت ناشی می شود که این پارامترهای فیزیکی خاک هم با توجه به زمان و هم موقعیت در پروفایل خاک متفاوت است. برای مثال، محتوای آب به دلیل تبخیر و تعرق و بارندگی یا آبیاری دائما در حال تغییر است. آب به طور یکنواخت در سراسر ناحیه ریشه استخراج نمی شود، بنابراین تفاوت در پتانسیل آب در موقعیت های مختلف در ناحیه ریشه رخ می دهد. هیچ مقدار واحدی از پتانسیل آب نمی تواند شرایطی را که یک گیاه در معرض آن قرار دارد، توصیف کند.
- با این حال، به طور متوسط برای مقاومت مکانیکی خاک آستانه ۲.۵ مگاپاسکال، برای تهویه خاک، تخلخل تهویه ای ۱۰ درصد و برای رطوبت خاک نقطه پژمردگی دائم یعنی ۱۵ بار را در نظر میگیرند

- دامنه آب با کمترین محدودیت (LLWR)

- اگر چه استفاده از حدود رطوبتی ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم و آب قابل استفاده برای برآورد نیاز آبی گیاه لازم است، اما کافی نیست. زیرا همانطور که ملاحظه نمودید علاوه بر رطوبت خاک، عوامل دیگری نیز در جذب آب موثرند که از بین آنها تهویه و مقاومت مکانیکی خاک اهمیت بیشتری دارند. بنابراین، به منظور لحاظ کردن ان دو عامل در آب قابل دسترس گیاه، دامنه رطوبتی بدون محدودیت (NLWR) پیشنهاد گردید. خاک‌هایی با ویژگی‌های فیزیکی نامناسب دارای NLWR کمتری بوده و به مدیریت بسیار خوب نیاز دارند. در صورتی که خاک‌های با ویژگی‌های فیزیکی مناسب دارای NLWR زیادتری بوده و نیاز به سطح مدیریت کمتری برای بدست آوردن حداکثر محصول دارند.

- بعدها به دلیل تاثیرپذیری جذب آب و رشد ریشه از عوامل محیطی مانند نور، دما و رطوبت نسبی هوا، به جای NLWR از واژه LLWR به معنی دامنه رطوبتی با کمترین محدودیت استفاده نمودند. بنابراین LLWR دامنه ای از مقدار رطوبت خاک است که در آن رشد گیاه در ارتباط با تهویه، مقاومت مکانیکی و پتانسیل آب خاک با کمترین محدودیت رشد و جذب آب مواجه است (شکل ۱-۱) و در خارج از این دامنه محدودیت ها برای جذب آب افزایش می یابد. با استفاده از LLWR عوامل فیزیکی مؤثربر رشد گیاه در یک پارامتر خلاصه شده و می‌توان از آن به عنوان شاخصی برای ارزیابی کیفیت فیزیک خاک استفاده کرد.



شکل ۱-۱- مفهوم LLWR در شرایطی که تهویه و مقاومت فروروی خاک محدودکننده جذب آب نباشند (الف) و زمانی‌که تهویه ضعیف و مقاومت فروروی زیاد خاک محدودکننده جذب آب باشند (ب) (برگرفته از لتی ۱۹۸۵).

خصوصیات فیزیکی خاک

بافت خاک بر رشد ریشه مؤثر است. به‌عنوان مثال، خاک‌های شنی از ظرفیت ذخیره آب محدودی برخوردارند، درصورتی‌که خاک‌های رسی دارای مقادیر بیشتری آب قابل‌دسترس هستند، گرچه اغلب رشد ریشه در خاک‌های رسی بر اثر کمبود تهویه و مقاومت فیزیکی زیاد دربرابر نفوذ ریشه، محدود می‌شود. ازآن‌جایی‌که ذرات رس بسیار ریز هستند، با افزایش مقدار رس خاک میانگین اندازه منافذ خاک کاهش می‌یابد. این مسئله سبب می‌شود تا منافذ بیشتری از آب پر شده و تهویه خاک دچار اشکال شود.

در خاک‌های رسی و با بافت سنگین، ریشه‌ها معمولاً قادر نیستند به‌داخل منافذی که قطر آن‌ها کمتر از قطر خود ریشه است نفوذ کنند. حداقل قطر لازم منافذ خاک برای رشد ریشه‌ها حدود ۶۰ میکرومتر بوده، که معادل قطر ظریف‌ترین ریشه‌ها است. به‌هرحال، برای رشد مناسب ریشه، وجود درصد کوچکی از منافذ بزرگ کافی بوده و ریشه‌های مویی و میسلیوم قارچ‌های مایکوریزا می‌توانند منافذ ریزتر را اشغال کنند.

ساختمان خاک نیز بر رشد ریشه اثر دارد. فشردگی خاک از مواردی است که درنتیجه آن ساختمان خاک دچار مشکل شده و رشد ریشه محدود می‌گردد. بالابودن وزن مخصوص ظاهری خاک نشان‌دهنده فشردگی خاک است. حرکت ماشین‌آلات کشاورزی باعث افزایش فشردگی در مزرعه می‌شود. بر اثر فشردگی خاک، ظرفیت ذخیره‌سازی آب قابل‌دسترس و تهویه خاک کاهش یافته و درنتیجه رشد ریشه دچار مشکل می‌شود (کرامر، ۱۹۹۵).