ارزیابی تناسب اراضی و کیفیت حاصلخیزی ذاتی خاک برای کشت برنج در اراضی شالیزاری شهرستان‌های شفت و فومن

بهاره دلسوز خاکی، ناصر هنرجو، ناصر دواتگر[1]، احمد جلالیان و حسین ترابی گل سفیدی

دانش آموخته دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، گروه علوم خاک، اصفهان، ایران؛ b_delsooz@yahoo.com

استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، گروه علوم خاک، اصفهان، ایران؛ nhonarjoo@yahoo.com

دانشیار پژوهش، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران؛ n.davatgar@areeo.ac.ir

استاد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، گروه علوم خاک، اصفهان، ایران؛ a.jalalian@khuisf.ac.ir

استادیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران؛ htorabi@shahed.ac.ir

دریافت: 96/1/27 و پذیرش: 96/7/12

چکیده

روش‌های بسیاری از زمان ارائه چارچوب FAO برای ارزیابی تناسب اراضی توسعه‌یافته‌اند و برخی از آن‌ها هنوز به‌صورت گسترده استفاده می‌شوند. هدف از این مطالعه تعیین تناسب اراضی (با استفاده از روش فائو) و کیفیت حاصلخیزی ذاتی خاک (با استفاده از توابع عضویت فازی) برای گیاه برنج در اراضی شالیزاری شهرستان‌های فومن و شفت در شمال ایران بوده است. بر طبق نتایج بدست آمده از روش فائو، پس از اقلیم (به علت محدودیت نسبت تعداد ساعات آفتابی به طول روز و میانگین دما در طول سیکل رشد) که محدودکننده‌ترین عامل برای کشت برنج آبی در منطقه مورد مطالعه است؛ عمده‌ترین عامل خاکی محدودکننده وضعیت زهکشی بود. بر پایه کیفیت حاصلخیزی ذاتی خاک، ضخامت لایه شخم با تأثیر بر نفوذ ریشه و حجم خاک قابل دسترس برای عناصر غذایی مهم‌ترین عامل محدودکننده بود. بر طبق شاخص اصلاح نشده اراضی (SQRI) به روش فائو، اراضی مورد مطالعه در دو کلاس تناسب بحرانی (92/4%) و تناسب متوسط (7/6%) و بر پایه شاخص اصلاح شده اراضی (CLI) به این روش، کلیه اراضی مورد مطالعه در کلاس تناسب متوسط قرر گرفتند. از منظر کیفیت حاصلخیزی ذاتی بیشتر اراضی در دو کلاس مناسب (38%) و خیلی مناسب (27%) واقع‌شدند. همبستگی شاخص‌های محاسبه شده به روش فائو (SQRI و CLI) و شاخص کیفیت حاصلخیزی ذاتی خاک (FI) محاسبه‌شده با ضریب همبستگی خطی پیرسون نشان داد که شاخص‌های این دو روش به‌طور معنی‌داری با یکدیگر همبستگی داشته‌اند ($r=0.7$ و $p<0.05$). ضریب تبیین هر یک از شاخص‌های محاسبه‌شده به روش‌های مذکور (فائو و کیفیت حاصلخیزی ذاتی) با تولید واقعی برنج، به ترتیب برابر 0/73 و 0/61 بود($p<0.05$). نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از شاخص کیفیت حاصلخیزی ذاتی خاک در کنار ارزیابی تناسب اراضی در تعیین نواحی مستعد برای کشت برنج و مدیریت نهاده های کودی مؤثر می باشد.

واژه‌های کلیدی: شاخص اراضی، شاخص اقلیم، شاخص خاک، فازی

---

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، مشکین دشت.

مقدمه

در ارزیابی تناسب اراضی پاسخ زمین نسبت به یک بهره‌وری خاص تعیین می‌گردد. این‌گونه آنالیزها عوامل محدودکننده اصلی برای تولید کشاورزی را شناسایی کرده و مدیران تصمیم‌گیر را برای توسعه مدیریت محصولات و همچنین افزایش تولید زمین تواناتر می‌سازند. روش‌های زیادی ازجمله روش FAO، برای ارزیابی تناسب اراضی وجود دارند. از زمان ارائه دستورالعمل فائو FAO (FAO، 1976-1985) از آن‌ها به‌طور گسترده‌ای برای تناسب اراضی استفاده‌شده است. این روش‌ها بر پایه مطابقت خصوصیات اراضی و احتیاجات گیاه بنانهاده شده است. روش‌های ارزیابی تناسب اراضی (سایس و همکاران، 1991) توانایی و محدودیت‌های زمین برای یک کاربری خاص را تعیین می‌کنند.

ارزیابی تناسب اراضی می‌تواند به روش‌های محدودیت (محدودیت ساده، تعداد و شدت محدودیت) و پارامتریک (استوری، ریشه دوم) تقسیم شوند (سایس و همکاران، 1991). برخی محققان مطالعاتی برای مقایسه روش‌های مختلف ارزیابی تناسب اراضی داشته‌اند. اگرچه نتیجه روش‌های مختلف تناسب ارضی معمولاً باهم همسو هستند (اشرف،2010)، مقایسه شاخص‌های این روش‌ها نشان می‌دهد که نتایج روش فائو به‌خصوص روش ریشه دوم، واقع‌بینانه‌تر از روش‌های دیگر است (جعفر زاده و عباسی، 2006، شهبازی و جعفرزاده، 1383، اشرف و نورمحمدان، 2011، سرمدیان و همکاران، 1383). ترابی گلسفیدی (1380) و سید محمدی و اسماعیل نژاد (1393)، به ارزیابی اراضی شالیزاری به روش پارامتریک، برای کشت برنج در مناطقی از استان گیلان پرداخته‌اند و گزارش کردند که مهمترین ویژگی محدود کننده رشد برنج در اراضی مطالعه شده، مربوط به تعداد ساعات آفتابی به طول روز (خصوصیت اقلیمی) بوده و محدودیت زهکشی از جمله مهمترین فاکتورهای خاکی کاهش دهنده تناسب اراضی می‌باشد. سید جلالی و همکاران(1393) به مقایسه شاخص‌های اصلاح شده اراضی و شاخص‌های اصلاح نشده اراضی در روش پارامتریک پرداختند و گزارش کردند که شاخص‌های اصلاح شده اراضی مقادیر بالاتری نسبت به شاخص‌های اصلاح نشده اراضی نشان داده و کلاس‌های تناسب اراضی را ارتقاء بخشیده است.

کیفیت خاک به عنوان ظرفیت و توانایی خاک در تولید پایدار در داخل مرزهای اکوسیستم تعریف می‌شود تا محیط رشد بهینه برای گیاهان و سلامت جانداران حفظ شود (دوران و پارکین،1994). کیفیت خاک را نمی‌توان به‌طور مستقیم اندازه‌گیری کرد، بلکه با اندازه‌گیری چندین شاخص برآورد می‌شود. نوع شاخص-های مورداستفاده به مقیاس و اهداف پژوهش بستگی دارد. انتخاب خصوصیاتی که بتواند بیانگر کیفیت خاک باشد بسیار مهم است. استفاده از شاخص‌های کیفیت خاک در ارزیابی مدیریتی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشند (برگر و کلتینگ، 1999). اسپارلینگ و همکاران (2002) از داده‌های هفت ویژگی خاک (pH، کربن و نیتروژن کل، نیتروژن قابل معدنی شدن، فسفر قابل‌جذب به روش اولسن، جرم ویژه ظاهری و منافذ بزرگ) به عنوان حداقل مجموعه داده برای بررسی کیفیت خاک در مقیاس ملی در کشور نیوزلند استفاده کردند. شوکلا و همکاران (2004) عنوان کردند ویژگی‌هایی مانند کربن آلی خاک، جرم ویژه ظاهری، خاکدانه‌های پایدار در آب و نفوذ تجمعی که با توجه به عملیات مدیریتی تغییر می‌کنند باید به عنوان شاخص‌های پویای کیفیت فیزیکی خاک در نظر گرفته شوند.

استفاده از منطق فازی در ارزیابی کیفیت خاک می‌تواند کارامد باشد. در روش‌های فازی اطلاعات کمتری در مراحل آنالیز داده‌ها از دست می‌رود و روش-های بسیار بهتری برای کلاس‌بندی تغییرپذیری پیوسته هستند. همچنین عملگرهای ترکیب توابع عضویت فازی می‌توانند برای ترکیب مجموعه‌های مختلف ویژگی‌های خاک در یک شاخص کیفیت خاک، استفاده شوند (بارو و همکاران، 1992). دابرمن و اوبرتور (1997) از پهنه‌بندی فازی برای تعیین کیفیت حاصلخیزی ذاتی و عرضه عناصر غذایی اراضی شالیزاری کشور فیلیپین استفاده کردند. دوات گر و همکاران (2012) از الگوریتم خوشه بندی فازی برای بازنمایی کیفیت حاصلخیزی اراضی شالیزاری شهرستان صومعه سرا استفاده کردند.

برنج یک گیاه مهم در تغذیه جمعیت جهان است (فاجریا،2003) و محصولی راهبردی برای شمال ایران و دومین منبع غذا بعد از گندم در این کشور محسوب می‌شود (خوش، 1993)؛ لذا این مطالعه با هدف تعیین تناسب اراضی و شناسایی محدودیت های حاصلخیزی ذاتی برای کشت برنج در اراضی شالیزاری جنوب دشت فومنات انجام شد.

مواد و روش‌ها

توصیف موقعیت منطقه موردمطالعه، نمونه‌برداری و اندازه‌گیری‌ها

این مطالعه در شالیزارهای شهرستان‌های فومن و شفت واقع در نیمه جنوبی دشت فومنات با مختصات '7 و °37 تا '15 و °37 عرض شمالی و '15و °49 تا '28 و °49 طول شرقی انجام شد. این اراضی با مساحتی نزدیک

به 20000 هکتار دارای خاک‌های آبرفتی مسطح با بافت خاک از سیلتی لوم تا رسی است. بر اساس آمار سی ساله ایستگاه سینوپتیک رشت این منطقه نیمه مرطوب، با میانگین بارندگی سالانه حدود 1200 میلی‌متر و میانگین دمای سالانه 20/5° درجه سلسیوس می‌باشد. طبق نقشه رژیم رطوبتی و حرارتی خاک های ایران (بنایی،1377) خاک‌های منطقه مورد مطالعه در رژیم های رطوبتی آکوئیک و یودیک و رژیم حرارتی ترمیک قرار می‌گیرند و بر اساس سیستم طبقه‌بندی آمریکایی، در رده‌های انتی سول، اینسپتی سول و آلفی سول طبقه‌بندی می‌شوند.

در منطقه مورد مطالعه کاربری اصلی اراضی، شالیزارهای برنج با روش آبیاری غرقابی می‌باشد. در این شالیزارها برنج (رقم هاشمی) کشت می‌شود و آماده‌سازی زمین (شخم، گلخراب و صاف کردن زمین) هرساله 30 تا 7 روز قبل از انتقال نشاء در اوایل بهار انجام می‌شود. در هر دوره از کشت در بیشتر اراضی کود اوره (60 کیلوگرم در هکتار) و سوپرفسفات تریپل (45 کیلوگرم در هکتار) استفاده می‌شود. همچنین برخی کشاورزان از 100 کیلوگرم کود پتاسیم (پتاسیم سولفات) در هر هکتار استفاده می‌نمایند، ازاین‌رو نمونه‌برداری پیش از کوددهی و نشاکاری انجام شد. برای ارزیابی شاخص اقلیمی از داده‌های هواشناسی ماهانه ایستگاه سینوپتیک رشت در بازه زمانی سال 1361 تا 1392 شمسی استفاده شد. نمونه ها از 77 نقطه با توزیع جغرافیایی مناسب برداشت شدند. در هر نقطه با حفر نیم رخ خاک (تا 100 سانتی متر) خصوصیات مورفولوژیکی از قبیل رنگ، ساختمان، پدیده‌های پدوژنیکی از قبیل تجمع رس، پدیده‌های ظاهری اکسایش و کاهش، درصد اکسیدهای آهن و منگنز و واکنش نسبت به شناساگر آلفا آلفا پرین دی پریدیل (برای تشخیص پدیده احیا)، درصد و پراکنش لکه‌های رنگی (ماتلینگ) در نیم رخ خاک و سطح آب زیر زمینی (برای بررسی وضعیت زهکشی)، عمق خاک و میزان سنگریزه مورد بررسی قرار گرفت. مدت و عمق سیل‌گیری (برای بررسی وضعیت سیل‌گیری) و درصد شیب نیز بررسی و در کارت تشریح یادداشت شد. در هر نقطه از هر یک از افق‌های ژنتیکی یک نمونه خاک برداشت شد.

همچنین از آنجاکه در برخی مناطق به دلایل مختلف از جمله نبود ماشین آلات مناسب شخم، عمق شخم کمتر از 25 سانتی متر و در برخی دیگر از مناطق علیرغم ضخیم بودن نیمرخ خاک، عمق لایه شخم تنها 10 الی 15 سانتی متر است، در حین برداشت نمونه ها ضخامت لایه شخم (افق Ap) اندازه‌گیری شد. موقعیت منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه‌برداری خاک در شکل 1 نشان داده شده است. نمونه‌های خاک پس از هوا خشک شدن و عبور از الک دو میلی‌متری، در آزمایشگاه مورد آزمایش قرار گرفتند. بافت خاک به روش هیدرومتری تعیین شد (جی و بادر، 1986). pH خاک در گل اشباع با استفاده از روش پتانسیومتری (توماس، 1996) و هدایت الکتریکی عصاره اشباع به روش هدایت سنجی (رودس،1996) اندازه گیری شدند. کربن آلی به روش اکسیداسیون تر(نلسون و سامرز،1996) و ظرفیت تبادل کاتیونی به روش استات آمونیوم (سومنر و میلر، 1996) تعیین شدند.

همچنین از روش استات آمونیوم و دستگاه فلیم فوتومتر برای اندازه‌گیری سدیم تبادلی (هلمکه و اسپارکز،1996) و محاسبه ESP استفاده شد. همچنین در هنگام برداشت محصول، در 30 مکان منطبق با موقعیت برخی از نمونه‌های خاک، در ابعاد 0/5 در 0/5 متر نمونه گیاه از کف خاک برداشت‌شده و به آزمایشگاه انتقال یافتند. پس از حذف دانه‌های پوک، وزن دانه-های پر بعد از 48 ساعت قرار گرفتن در 70 درجه سلسیوس، تعیین شد. آماره‌های توصیفی ویژگی‌های خاک که در این مطالعه محاسبه شدند شامل کرانه‌ها (حداقل و حداکثر)، آماره مرکزیت (میانگین)، آماره پراکندگی (انحراف معیار) و ضریب تغییرات (CV) بودند. برای محاسبه این ویژگی‌ها از نرم‌افزار SPSS(17) استفاده گردید.

محاسبه شاخص اراضی به روش فائو

در ارزیابی تناسب کیفی خاک به‌روش فائو، ویژگی‌های زمین با احتیاجات خاک مطابقت داده می‌شوند. در این فرایند یک مقیاس عددی بین بیشینه 100 و کمینه 0، به هرکدام از خصوصیات زمین اختصاص می-یابد. چنانچه یک خصوصیت برای آن محصول کاملاً مناسب باشد، عدد 100 و اگر محدودیت‌هایی وجود داشته باشد، عدد کمتر برای آن در نظر گرفته می‌شود.

برخی منابع که به‌منظور بررسی احتیاجات کاربری اراضی برای کشت برنج، موردبررسی و استفاده قرار گرفتند، شامل فائو (1983 و 1985)، سایس و همکاران (1993) بودند که برای بومی‌سازی برخی از خصوصیات از جدول اصلاح شده سایس توسط ترابی گلسفیدی (1380)، گیوی (1376) و تجربیات منطقه‌ای استفاده شد. نیازهای خاک و زمین‌نما برای کشت برنج آبی در منطقه مورد مطالعه در جدول (1) ارائه شده است. همچنین به منظور بررسی نیازهای اقلیمی، از خصوصیات پیشنهادی سایس و همکاران (1993) برای برنج آبی استفاده شد جدول (2).

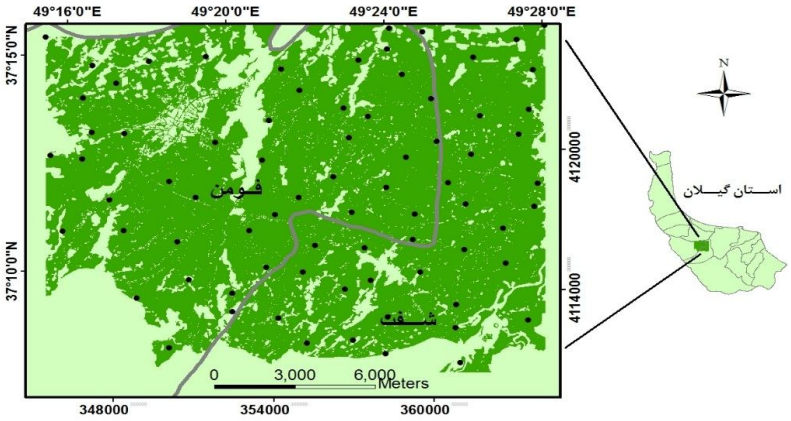
جدول 1- نیازهای خاک و زمین‌نما برای کشت برنج آبی

خصوصیات پستی بلندی و خاک	100	95	85	60	40	25	0
شیب (%)	<1	2-1	4-2	>4			
سیل گیری	F0,F11,F12	F21,F22, F31,F32	F13,F23,F33 ,F41,F42,F43	F14,F24 ,F34,F44			F15,F25, F35,F45
وضعیت زهکشی	بد(ناقص)	متوسط	ضعیف(poor) خوب(good)	Very poor	_	_	_
بافت *	C, SiL,SC,L,SCL, SL	CL, SiCL, Si, LfS,LSm	LcS,fS, Sm,cS				
بافت **	C,SiC,SiCL,CL,Si,SiL,SC,L,SCL,SL	LfS,LSm	LcS,fS,Sm,cS				
سنگریزه(%)	0	<3	15-3	35-15	_		>35
عمق خاک(cm)	>90	75-90	50-75	20-50	_		<20
CEC ظاهری(cmol(+)/kg clay)	>24	16-24	<16(-)	<16(+)	_	_	_
درصد اشباع بازی	>60	50-80	35-50	20-35	<20		_
جمع کاتیون‌های بازی (cmol(+)/kg soil)	>6.5	4-6/5	2/8-4	1/6-2/8	<1/6		_
pH	6-6.5	5/5-6	5-5/5	4/5-5	_		<4/5
	7-6.5	8/2-7	8/5-8/2	9-8/5			>9
کربن آلی(%)	>2	1/5-2	0/8-1/5	<0/8	_	_	_
(ds/m)ECe	1-0	2-1	4-2	6-4	12-6		>12
ESP	10-0	20-10	30-20	40-30	_		>40

*سرعت نفوذ خاک زیرین بیشتر از 0.1 سانتی‌متر بر ساعت و آب زیرزمینی در 50 سانتی‌متر بالایی خاک وجود ندارد

** سرعت نفوذ خاک زیرین کمتر از 0.1 سانتی‌متر بر ساعت و آب زیرزمینی در 50 سانتی‌متر بالایی خاک وجود ندارد

(* و **: ترابی گلسفیدی (1380))



شکل 1- موقعیت جغرافیایی و توزیع نقاط نمونه‌برداری خاک و گیاه در منطقه مورد مطالعه

جدول 2- نیازهای اقلیمی برای کشت برنج آبی

خصوصیات اقلیمی	درجه تناسب						
	100	95	85	60	40	25	0
میانگین درجه حرارت در طول فصل رشد (°C)	30-31	24-30	18-24	18-24	10-18	-	<10
	32-31	36-32	>36				
میانگین درجه حرارت حداکثر گرم‌ترین ماه در طول فصل رشد (°C)	36-35	40-36	45-40	45-40	50-45	-	>50
	33-35	30-33	26-30	26-30	21-26	-	<21
میانگین درجه حرارت در طول مرحله توسعه گیاه(دومین ماه) (°C)	26-29	24-26	18-24	18-24	10-18	-	<10
	32-29	36-32	42-36	42-36	45-42	-	>45
میانگین درجه حرارت حداقل در مرحله رسیدگی(چهارمین ماه) (°C)	18-20	14-18	10-14	10-14	7-10	-	<7
	22-20	25-22	28-25	28-25	30-28	-	>30
درصد رطوبت نسبی در مرحله (سبزینگی+شخم) (ماه اول و دوم)	60-65	50-60	40-50	40-50	30-40	-	<30
	75-65	90-75	100-90	-	-	-	-
درصد رطوبت نسبی در مرحله برداشت	37-50	33-37	30-33	30-33	<30	-	-
	65-50	80-65	>80	-	-	-	-
n/N در طول فصل رشد	>0/75	0/65-0/75	0/45-0/65	0/45-0/65	<0/45	-	-

در مطالعه ارزیابی تناسب اراضی به روش فائو، خصوصیاتی نظیر شیب، سیل گیری، وضعیت زهکشی و عمق خاک، با استفاده از اطلاعات کارت تشریح پروفیل خاک، مورد ارزیابی قرار گرفتند. خصوصیاتی مانند بافت خاک، سنگریزه و شوری با استفاده از میانگین گیری وزنی از طریق ضرایب وزنی عمق، برای کل پروفیل تعیین شدند و در نهایت مقادیر شاخص آنها مورد ارزیابی قرار گرفت. استفاده از ضرایب وزنی به این دلیل است که به قسمت فوقانی پروفیل، که توسعه ریشه در آن بیشتر است، اهمیت زیادتری داده شود (ایوبی و همکاران، 1380 گیوی 1376). برای CEC ظاهری، مقدار آن در عمق 50 سانتیمتری سطح خاک و برای ESP بیشترین مقدار آن در عمق 100 سانتیمتری در نظرگرفته شد. pH خاک، درصد اشباع بازی، جمع کاتیون‌های بازی و درصد کربن آلی با استفاده از میانگین گیری وزنی متوسط این عوامل در عمق 25 سانتی متری سطح خاک محاسبه شد. در ادامه با استفاده از جداول 1و 2 درجه تناسب هر یک از خصوصیات و شاخص اقلیمی(CI) تعیین و سپس شاخص اراضی (SQRI) به‌وسیله روش ریشه دوم محاسبه شد:

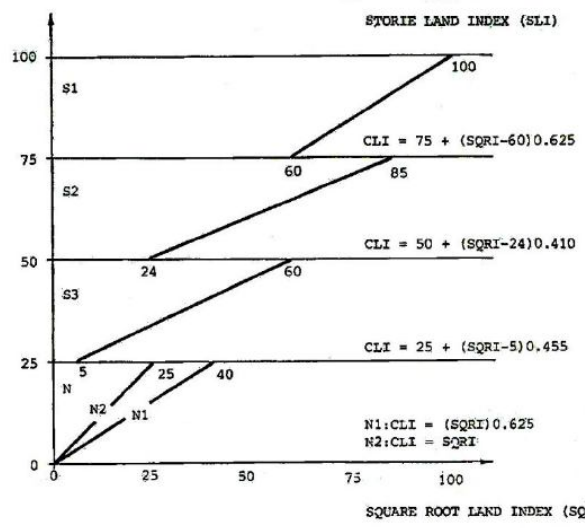
(1)

$$SQRI = R_{\min} \times \sqrt{\frac{A}{100} \times \frac{B}{100} \times \ldots}$$

که SQRI شاخص تناسب ، Rmin حداقل درجه مربوط به خصوصیات مختلف و A ،B و ... درجات خصوصیات دیگر به‌غیر از خصوصیت با درجه حداقل است. در ارتباط با تناسب اقلیم ابتدا با استفاده از رابطه 1 شاخص اقلیمی(CI) محاسبه شد و سپس به کمک روابط زیر شاخص اقلیمی به مقیاس درجه تناسب (CR) تبدیل شد (سایس و همکاران،1993):

(2)	اگر	25< CI<92.5	CR= 16.67 + 0.9 CI
(3)	اگر	CI<25	CR= 1.6 CI

در مرحله بعد درجات اختصاص داده‌شده به هرکدام از خصوصیات خاک به همراه CR در رابطه 1 قرارگرفته و شاخص اراضی تعیین گردید. خصوصیات خاک مورد بررسی در این روش عبارتند از درصد شیب، سیل گیری، وضعیت زهکشی، بافت خاک، درصد سنگریزه، عمق خاک، CEC ظاهری، درصد اشباع بازی(BS)، جمع کاتیون‌های بازی(soB)، اسیدیته (pH) خاک، درصدکربن آلی (OC)، میزان شوری (EC) و مقدار ESP. شایان ذکر است که برای استفاده از رابطه (1) به منظور محاسبه شاخص اراضی، از بین سه خصوصیت H، درصد اشباع بازی و جمع کاتیون‌های بازی، هرکدام که کمترین بود (محدود کننده‌ترین خصوصیت) انتخاب گردید. همچنین از بین شوری و ESP محدودکننده‌ترین خصوصیت انتخاب شد. سپس بر طبق راهنمای سایس و همکاران (1991)، شاخص اراضی محاسبه شده، توسط روابط ارائه شده برای روش ریشه دوم، طبق نمودارهای شکل 2 اصلاح گردید. در این روابط CLI شاخص اصلاح شده اراضی و SQRI شاخص اصلاح نشده اراضی به روش ریشه دوم می‌باشند. همانگونه که در شکل 2 مشاهده می‌شود، انتخاب رابطه مناسب برای اصلاح این شاخص به عدد بدست آمده برای شاخص اراضی (SQRI) بستگی دارد. پس از محاسبه شاخص‌های اصلاح شده و اصلاح نشده اراضی، بازنمایی آنها با استفاده از روش IDW در نرم‌افزار ArcGIS (9.3) انجام و سپس بر پایه گروه‌بندی پیشنهادی سایس و همکاران (1991) به چهار کلاس طبقه‌بندی شدند (جدول 3).



شکل 2- ارتباط بین شاخص‌های اصلاح شده اراضی (CLI) و شاخص‌های اصلاح نشده اراضی(SQRI) به روش ریشه دوم(سایس و همکاران،1991)

جدول 3- کلاس‌های تناسب اراضی برپایه شاخص فائو (سایس و همکاران،1991)

کلاس تناسب	میزان تناسب	شاخص تناسب فائو
S_1	خیلی مناسب (تناسب زیاد)	75-100
S_2	تناسب متوسط	50-75
S_3	تناسب بحرانی	25-50
N	نامناسب	0-25

تعیین شاخص کیفیت حاصلخیزی ذاتی خاک با استفاده از روش فازی

دابرمن و اوبرتور (1997)، از مجموعه ویژگی-های خاک در افق سطحی (معادل لایه شخم) برای تعیین کیفیت حاصلخیزی ذاتی خاک [شامل ضخامت لایه شخم (Ap)، مقدار رس (Clay)، گنجایش تبادل کاتیونی (CEC)، مواد آلی (OC) و pH] استفاده کردند. این ویژگی ها بر نگهداری و عرضه عناصر غذایی خاک بر گیاه مؤثر هستند. تغییر در این ویژگی‌های خاک به‌کندی رخ می‌دهد و کشت متمرکز برنج می‌تواند توسط تعدادی از آن‌ها تحت تأثیر قرار گیرد. با استفاده از تابع عضویت فازی (FMF) سیگموئید متقارن (روابط 1-4 تا 3-4)، کمیت ویژگی‌های خاک (Z) به اعداد عضویت فازی (FMFz) در قالب یک متغیر پیوسته در بازه صفر تا یک تبدیل شد (دابرمن و اوبرتور، 1997) که در آن یک و صفر به ترتیب نشان‌دهنده عضویت کامل و عدم عضویت در مجموعه است.

$$FMFz = \frac{1}{(1 + (\frac{Z - b_1 - d}{d})^p)} \quad for\ Z < (b_1 + d) \qquad (4\text{-}1)$$

$$FMFz = 1 \quad for\ (b_1 + d) \le Z \le (b_2 - d) \qquad (4\text{-}2)$$

$$FMFz = \frac{1}{(1 + (\frac{Z - b_2 + d}{d})^p)} \quad for\ Z > (b_2 - d) \qquad (4\text{-}3)$$

که FMF تابع عضویت متغیر Z(x) ، b_1 و b_2 به ترتیب حدود آستانه پایینی و بالایی و d عرض منطقه انتقالی تابع عضویت می‌باشند. حدهای بحرانی (جدول4) با استفاده از کمیت‌های پیشنهادی دابرمن و اوبرتور(1997) و مشورت با کارشناسان خبره موسسه تحقیقات برنج کشور تعیین شد. برای هدایت الکتریکی از رابطه 4-1، برای pH از تلفیق سه رابطه 4-1 تا 4-3 و برای دیگر ویژگی‌های مطالعه شده از رابطه 4-3 استفاده شد. بر پایه جدول 4، حاصلخیزی ذاتی مطلوب برای کشت گیاه برنج هنگامی حاصل خواهد شد که Ap≥ 20cm، Clay ≥ 35 (%)، OC ≥ 2 (%)، CEC ≥ 20 (cmol(+)/kg)، EC ≥ 2 (ds/m) و pH در دامنه 6 تا 7 باشد. پس از محاسبه توابع عضویت فازی (FMF)، از رابطه 5 برای ترکیب اعداد توابع عضویت فازی به شاخص کیفیت حاصلخیزی ذاتی خاک (FI) استفاده شد. پس از تعیین شاخص FI پهنه‌بندی آنها با استفاده از روش درون یابی وزن‌دهی عکس فاصله در محیط نرم‌افزار ArcGIS(9.3) انجام شد و متناظر با کلاس بندی فائو، پهنه حاصلخیزی ذاتی خاک نیز به چهار کلاس خیلی مناسب (1-0/75)، مناسب(0/75-0/5)، مناسب کم(0/5-0/25) و نامناسب (0/25-0) تفکیک شد.

(5)

$$FI = \min(FMFAp, FMFClay, FMFOC, FMFCEC, FMFEC, FMFpH)$$

که در آن Ap ضخامت لایه شخم (cm)، Clay رس خاک (%)، OC کربن آلی (%)، CEC گنجایش تبادل کاتیونی ($cmole\ kg^{-1}$)، EC هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$) و pH (-) می‌باشد.

پس از محاسبه شاخص های فائو (SQRI و CLI) و کیفیت حاصلخیزی ذاتی خاک (FI)، ارتباط آنها با یکدیگر از راه ضریب همبستگی پیرسون (r) و پاسخ محصول گیاه برنج به آنها با استفاده از رگرسیون یک متغیره بررسی شد. صحت این روابط با استفاده از ضریب تبیین (R^2) ارزیابی شد.

جدول 4- مقدار b و d برای استفاده در محاسبه توابع عضویت فازی هر یک از ویژگی‌های مطالعه شده خاک بر پایه پیشنهاد دابرمن و اوبرتور،1997 *و کارشناسان موسسه تحقیقات برنج کشور**

ویژگی‌های خاک	واحد	b	d
pH	–	6 و7*	0/6*
OC	(%)	2**	0/2*
CEC	($cmole\ kg^{-1}$)	20*	2*
EC	($dS\ m^{-1}$)	2**	0/2**
Clay	(%)	35*	3*
Ap	(cm)	20*	2/5*

OC:کربن آلی، CEC :گنجایش تبادل کاتیونی، EC :هدایت الکتریکی، Clay : رس خاک و Ap: ضخامت لایه شخم

نتایج و بحث

توصیف آماری ویژگی‌ها

خلاصه آمار توصیفی برای هر یک از ویژگی-های اندازه‌گیری شده در خاک سطحی، در جدول 5 نشان داده‌شده است. ویژگی pH منطقه موردمطالعه در دامنه 5/49 تا 7/53 و میانگین 6/63 است. دبرمن و فیرهورست (2000)، نشان دادند که pH در محدوده 6 تا 7 برای اراضی شالیزاری مناسب است. کربن آلی در منطقه موردمطالعه در محدوده 1/03 تا 4/49 و میانگین 2/48 درصد می‌باشد. برطبق مطالعات دبرمن و فیرهورست (2000)، میانگین کربن آلی خاک در این منطقه برای رشد گیاه بالا و مطلوب است. ضخامت لایه شخم (Ap) در دامنه 10 تا 22 سانتی‌متر قرار داشت. این در حالی است که ضخامت کمتر از 15 سانتی‌متر سبب ایجاد محدودیت در رشد گیاه برنج می‌شود (دابرمن و اوبرتور، 1997) در چنین شرایطی حجم خاک قابل‌دسترس برای جذب عناصر غذایی محدود است. میزان رس در این منطقه در دامنه 6 تا 56 و میانگین 39/88 درصد است و بر طبق راهنمای سایس و همکاران (1993) نشان دهنده وجود بافت مناسب برای کشت برنج در اکثر نقاط مورد بررسی می‌باشد. گنجایش تبادل کاتیونی در دامنه 10 تا 47 و میانگین آن 29/46 سانتی مول بر کیلوگرم است. دابرمن و اوبرتور (1997) CEC مناسب برای کشت برنج را بیشتر از20 سانتی مول بر کیلوگرم دانسته‌اند. هدایت الکتریکی در دامنه 0/12 تا 2/71 و میانگین آن 1/27 دسی زیمینس بر متر بوده است که با توجه به راهنمای سایس و همکاران (1993) این شرایط محدودیتی در تولید برنج آبی ایجاد نمی‌کند.

آماره ضریب تغییرات (CV) بدون بعد بوده و می‌توان از آن برای مقایسه تغییرات یک صفت در بین واحدهای نمونه‌برداری دو یا چند جامعه آماری با مشاهدات ناهمگون یا نامتجانس (مثل واحدهای متفاوت متر و کیلوگرم) و یا مقایسه تغییرات بین صفات مختلف در یک واحد نمونه‌برداری که ازنظر اندازه مشاهدات به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای تفاوت دارند، استفاده کرد (رضایی، 1374، مک برتنی و همکاران، 1997). به‌منظور مقایسه تغییرپذیری ویژگی‌های خاک در منطقه مطالعه، از ضریب تغییرات استفاده شد. بر اساس حدود پیشنهادی ویلدینگ و درس (1983) ویژگی‌های با ضریب تغییرات کمتر از 15% به عنوان تغییرپذیری کم، بین 15 تا 35% تغییرپذیری متوسط و بیشتر از 35%، تغییرپذیری زیاد در نظر گرفته می‌شود. ضریب تغییرات بیش از 30 درصد، نشان از تغییرات ذاتی خاک و کاهش ضریب تغییرات نشان‌دهنده تشابه بیشتر و یکنواختی بین داده‌ها است (شونینگ و همکاران، 2006). دو ویژگی pH و ضخامت لایه شخم با ضریب تغییرات کمتر نسبت به دیگر ویژگی‌ها از یکنواختی بیشتری نسبت به سایر ویژگی‌های مورد بررسی در منطقه مورد مطالعه برخوردار بودند.

جدول 5- آماره‌های توصیفی ویژگی‌های موردمطالعه و شاخص‌های محاسبه شده

ویژگی‌های خاک و شاخص‌های اراضی	واحد	حداقل	میانگین	انحراف معیار	حداکثر	ضریب تغییرات (%)
pH	_	5/49	6/63	0/52	7/53	7/92
OC	(%)	1	2/48	0/72	4/5	28/96
CEC	(cmole kg−1)	10	29/46	7/16	47	24/29
EC	($dS\ m^{-1}$)	0/12	1/27	0/51	2/71	40/51
Clay	(%)	6	39/88	9/78	56	24/52
Ap	(cm)	10	15/98	2/36	22	14/77
SQRI	_	36/27	45/8	4/4	53/19	9/6
CLI	_	55/03	58/9	1/8	61/97	3/1
FI	_	0/1	0/64	0/29	1	44/95

OC:کربن آلی، CEC: گنجایش تبادل کاتیونی، EC :هدایت الکتریکی، Clay: رس خاک، Ap: ضخامت لایه شخم، SQRI: شاخص اصلاح نشده اراضی، CLI: شاخص اصلاح شده اراضی و FI: شاخص کیفیت حاصلخیزی ذاتی خاک

محدودیت‌های خاک، اقلیم و حاصلخیزی ذاتی برای کشت گیاه برنج

جدول 6 خصوصیات آب و هوایی و نتایج ارزیابی آنها برای برنج آبی در منطقه مطالعه شده را نشان می‌دهد. بر پایه این جدول ارزیابی وضعیت اقلیمی نشان‌دهنده محدودیت نسبت n/N (تعداد ساعات آفتابی به طول روز) و میانگین دما در طول فصل رشد و رطوبت نسبی در مرحله برداشت بود که روی‌هم‌رفته با توجه به درجه تناسب اقلیم (CR=61/9) باعث کاهش حدود 38 درصدی محصول برنج نسبت به شرایط بالقوه می‌شوند. ازاین‌رو مهم‌ترین عامل کاهش تولید در منطقه، محدودیت ناشی از خصوصیات آب و هوایی شناخته شد. پس از اقلیم کمترین درجات تناسب به ترتیب مربوط به وضعیت زهکشی (در 42/1 درصد موارد)، بافت (18/5 درصد)، کربن آلی(18/4 درصد) و میزان سنگریزه (10/5 درصد)، شیب (5/3 درصد)، اشباع بازی و pH (هر دو 2/6 درصد) بود. بنابراین سیل‌گیری، عمق خاک، درصد سدیم قابل‌تبادل(ESP)، گنجایش تبادل کاتیونی (CEC) ظاهری، EC و کاتیون‌های بازی محدودیت قابل‌توجهی ایجاد نکردند. بدین ترتیب عامل اقلیم، به عنوان محدودکننده‌ترین عامل در بین عوامل بررسی‌شده در این روش شناسایی شد و عامل زهکشی (سطح آب زیرزمینی) محدودکننده‌ترین عامل خاکی شناخته شد که درجه محدودیت آن در بدترین حالت 85 محاسبه‌شده است و بنابراین محدودیت زیادی ایجاد نمی‌کند. این نتایج، نزدیکی زیادی به یافته های مطالعات ترابی گلسفیدی (1380) و سید محمدی و اسماعیل نژاد (1393) دارد.

بر اساس مقدار حداقل تابع عضویت فازی (FMF) در شاخص‌های مرتبط با کیفیت حاصلخیزی ذاتی خاک در 43/4 % از نمونه‌های خاک بررسی شده ضخامت لایه شخم دارای بیشترین محدودیت بوده است. pH خاک، درصد رس، کربن آلی(OC)، هدایت الکتریکی (EC) و گنجایش تبادل کاتیونی(CEC) نیز به ترتیب در 20/5 % ، 16/4 % ، 12/3 % ، 4/9 % و 2/5 % نمونه‌ها در رتبه‌های بعد قرار داشتند. بنابراین ضخامت لایه شخم نسبت به دیگر ویژگی‌های مورد بررسی در خاک سطحی بیشترین محدودیت را در رابطه با حاصلخیزی ذاتی خاک داشته است و انتظار بر این است که در منطقه مورد مطالعه اراضی با ضخامت کم لایه شخم از نظر حجم خاک قابل دسترس برای جذب عناصر غذایی و نفوذ ریشه محدودیت وجود داشته باشد.

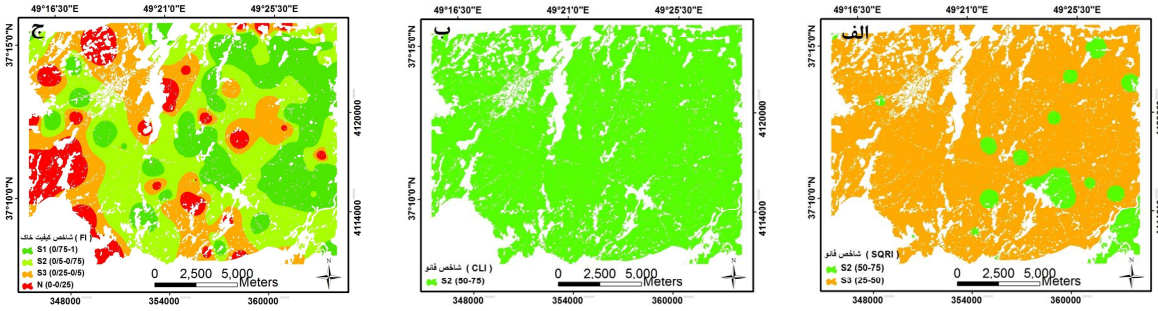
جدول 6- خصوصیات آب و هوایی برای برنج و نتایج ارزیابی اقلیمی در منطقه مورد مطالعه

خصوصیات	مقدار	درجه
میانگین درجه حرارت در طول سیکل رشد(C°)	22/4	77/92
میانگین درجه حرارت حداکثر گرمترین ماه در طول سیکل رشد (C°)	30/46	86/53
میانگین درجه حرارت در طول مرحله توسعه گیاه(دومین ماه) (C°)	23/92	84/67
میانگین درجه حرارت حداقل در مرحله رسیدگی(چهارمین ماه) (C°)	21/33	96/68
رطوبت نسبی در مرحله (Vegetative+Tillage)(ماه اول و دوم)	78/43	92/71
رطوبت نسبی در مرحله برداشت%	78/4	86/06
n/N (تعداد ساعات آفتابی به طول روز) در طول سیکل رشد	0/46	61/25
درجه تناسب اقلیم	_	61/9

پهنه بندی تناسب اراضی و کیفیت حاصلخیزی ذاتی خاک

در روش فائو حداقل و حداکثر شاخص اصلاح نشده اراضی به ترتیب 53/2 و 36/3 با میانگین 45/6 بود و 92/4 درصد منطقه در کلاس بحرانی (S_3) از نظر محدودیت‌های اقلیم و زهکشی برای کشت برنج آبی قرار گرفتند (شکل 3-الف و جدول7). همچنین حداقل و حداکثر شاخص اصلاح شده اراضی به ترتیب 55/03 و 61/97 با میانگین 58/8 بود. در نتیجه تمام اراضی مورد مطالعه در کلاس تناسب متوسط (S2) قرار گرفت (شکل 3- ب و جدول 7). در روش فازی حداقل و حداکثر شاخص محاسبه شده به ترتیب 0/1 و 1 با میانگین 0/64 بود و حدود 38 % از منطقه مطالعه شده از نظر کیفیت حاصلخیزی ذاتی در کلاس مناسب برای تولید برنج قرار گرفته‌اند (شکل 3-ج و جدول7). همبستگی شاخص‌های محاسبه‌شده به‌وسیله دو روش فائو (SQRI و CLI) و فازی، توسط ضریب همبستگی خطی پیرسون هرچند معنی‌دار، اما متوسط بود (r=0/7 و P<0/05). علت

تفاوت در دو روش فائو و فازی به عواملی مانند در نظر گرفتن مولفه‌های اقلیمی و عمق و پدیده‌های متأثر از هیدرومورفولوژی و فیزیوگرافی (مانند وضعیت زهکشی و سیلگیری) در تناسب اراضی به روش فائو است. در حالیکه در شاخص کیفیت حاصلخیزی ذاتی خاک فقط برخی از ویژگی‌های به نسبت پایدار در خاک سطحی در نظر گرفته شده‌اند.

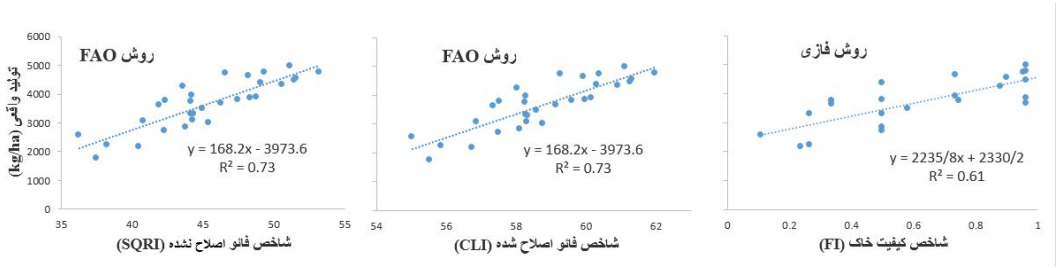


شکل 3- الف و ب) پهنه‌بندی شاخص فائو به ترتیب بر اساس SQRI (اصلاح نشده) و CLI (اصلاح شده) و ج) پهنه‌بندی شاخص کیفیت حاصلخیزی ذاتی خاک (FI) در منطقه مورد مطالعه

جدول 7- مساحت نسبی کلاس‌های تناسب اراضی به روش فائو و کیفیت حاصلخیزی ذاتی خاک به روش فازی برای کشت گیاه برنج در منطقه مورد مطالعه

کلاس تناسب اراضی	مساحت نسبی (%) بر اساس SQRI	مساحت نسبی(%) بر اساس CLI	کلاس کیفیت حاصلخیزی ذاتی	مساحت نسبی(%) بر اساس FI
تناسب زیاد	_	_	خیلی مناسب	27
تناسب متوسط	7/6	100	مناسب	38
تناسب بحرانی	92/4	_	مناسب کم	24
نامناسب	_	_	نامناسب	11

رابطه بین هر یک از شاخص‌های محاسبه شده (SQRI، CLI و FI) با محصول گیاه در شکل 4 نشان داده شد. بر پایه ضریب تبیین (R^2)، شاخص فائو (اصلاح شده و اصلاح نشده) و شاخص کیفیت حاصلخیزی ذاتی خاک به ترتیب 73 و 61 درصد (که هر دو در سطح 5 درصد معنی‌دار بودند) از تغییرات عملکرد را توجیه می کنند. بقیه تغییرات محصول می‌تواند به علت اختلاف در شیوه-های مدیریت مانند تاریخ کاشت و مصرف نهاده‌های کودی از جمله نوع، مقدار و زمان استفاده از کود باشد که در این دو شاخص در نظر گرفته نشده است. همانگونه که در شکل 4 مشاهده می‌شود، ضریب تبیین هر دو شاخص محاسبه‌شده به روش فائو (SQRI و CLI)، با تولید واقعی برنج یکسان است. این به دلیل استفاده از یک رابطه (CLI=25+(SQRI-5)0.455) برای اصلاح شاخص اراضی می‌باشد. بنابراین استفاده از روابط اصلاحی شاخص اراضی تنها به ارتقاء کلاس تناسب اراضی کمک کرده است. نتایج استفاده از روابط اصلاحی با نتایج سید جلالی و همکاران (1393) مطابقت دارد.



شکل 4- رابطه بین شاخص‌های محاسبه‌شده (شاخص اصلاح نشده اراضی، شاخص اصلاح شده اراضی و شاخص کیفیت حاصلخیزی ذاتی خاک) و عملکرد واقعی

برای بررسی میزان تشابه پهنه‌های تولید شده بر اساس روش فائو و کیفیت حاصلخیزی ذاتی خاک، از همپوشانی آنها استفاده شد. میزان همپوشانی سطح توزیع مکانی کلاس‌های تناسب اراضی به روش فائو و کیفیت حاصلخیزی ذاتی خاک به روش فازی، نشان داد که میزان همپوشانی پهنه‌های حاصل از SQRI و FI، برای کلاس S_3، 23 درصد و برای کلاس S_2 تنها 2 درصد بود و از آنجا که استفاده از روابط اصلاحی کلیه اراضی مطالعه شده را در کلاس تناسب متوسط قرار داد، میزان همپوشانی پهنه‌های حاصل از CLI و FI، 38 درصد بوده است. روش فائو با در نظر گرفتن عوامل مهم خاکی و اقلیمی، می‌تواند عوامل مهم محدودکننده تولید محصول و مناطق مستعد کشت گیاه برنج را مشخص کند. از طرف دیگر تعیین شاخص کیفیت حاصلخیزی ذاتی خاک بر پایه روش دابرمن و اوبرتور (1997) می‌تواند در تکمیل با روش فائو با شناسایی مهم‌ترین مولفه‌های مؤثر در نگهداری و عرضه عناصر غذایی در مدیریت مصرف نهاده‌های کودی از نظر مقدار و زمان مصرف مؤثر باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که بر طبق شاخص اصلاح نشده اراضی به روش فائو، بیشتر اراضی مورد مطالعه در وضعیت تناسب بحرانی و برپایه شاخص اصلاح شده اراضی، کلیه اراضی مطالعه شده در وضعیت تناسب متوسط قرار داشته و عوامل اقلیمی (محدودیت تعداد ساعات آفتابی به طول روز و میانگین دما در طول فصل رشد) محدود کننده‌ترین عوامل برای کشت برنج آبی در منطقه مورد مطالعه می‌باشند. همچنین وضعیت زهکشی مهم‌ترین عامل محدودکننده خاک است. در رابطه با وضعیت حاصلخیزی ذاتی خاک، ضخامت لایه شخم مهم ترین عامل محدودکننده در رشد ریشه گیاه و حجم خاک قابل دسترس برای تأمین عناصر غذایی است. نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از شاخص کیفیت حاصلخیزی ذاتی به روش فازی در کنار ارزیابی تناسب اراضی به روش فائو می‌تواند در تعیین نواحی مستعد برای کشت برنج و مدیریت حاصلخیزی و نهاده‌های کودی مؤثر باشد.

فهرست منابع:

1. ترابی گل‌سفیدی، ح. 1380. پیدایش، رده‌بندی و ارزیابی تناسب خاک‌های اراضی خیس برای کشت برنج در شرق استان گیلان. رساله دکترا، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، 460صفحه.
2. رضایی، ع. 1374. مفاهیم آمار و احتمالات. نشر مشهد،476 صفحه.
3. سرمدیان، ف، فاتحی، ش و ش،محمودی. 1383. بررسی تعیین تناسب کیفی اراضی برای محصولات فاریاب (گندم، جو و پنبه) در منطقه اشتهارد. مجله علوم کشاورزی ایران، 35(3): 657-668.
4. سیدجلالی، س ع، سرمدیان، ف و م، شرفاء. 1393. مقایسه شاخص های اراضی اصلاح شده و اصلاح نشده در روش پارامتری ارزیابی تناسب اراضی. پژوهش های خاک، 28(1):127-141.
5. سید محمدی، ج و ل، اسماعیل نژاد.1393. ارزیابی کیفی و کمی تناسب اراضی برای برنج در نواحی مرکزی گیلان. دانش آب و خاک، 24(1): 165-181.

6. شهبازی، ف و ع ا، جعفرزاده.1383. ارزیابی کیفی تناسب اراضی شرکت تعاونی تولید خوشه مهر بناب برای محصولات زراعی گندم، جو، یونجه، پیاز، چغندرقند و ذرت. نشریه دانش کشاورزی، 14(4): 86-69.
7. گیوی، ج. 1376. ارزیابی کیفی تناسب ارضی برای نباتات زراعی و باغی. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه فنی 1015.
8. Ashraf, S. 2010. Land suitability analysis for wheat using multicriteria evalution and GIS method. Research Journal of Biological Sciences, 5(9): 601-605.
9. Ashraf, S., and B.Normohammadan. 2011. Qualitative evaluation of land suitability for wheat in Northeast-Iran Using FAO methods. Indian Journal of Science and Technology, 4(6): 703-707.
10. Burger, J.A., and D.L.Kelting. 1999. Using soil quality indicators to assess forest stand management. Forest Ecology and Management, 122(1): 155-166.
11. Burrough, P.A., R.A.MacMillan, and W.V.Deursen. 1992. Fuzzy classification methods for determining land suitability from soil profile observations and topography. Journal of soil Science, 43(2): 193-210.
12. Davatgar, N., Neishabouri, M.R., and A.R.Sepaskhah. 2012. Delineation of site specific nutrient management zones for a paddy cultivated area based on soil fertility using fuzzy clustering. Geoderma, 173: 111-118.
13. Dobermann, A., and T.H.Fairhurst. 2000. Nutrient disorders and nutrient management. Potash and Phosphate Institute, Potash and Phosphate Institute of Canada and International Rice Research Institute, Singapore.
14. Dobermann, A., and T.Oberthür. 1997. Fuzzy mapping of soil fertility—a case study on irrigated riceland in the Philippines. Geoderma, 77(2): 317-339.
15. Doran, J.W., and T.B.Parkin. 1994. Defining and assessing soil quality. Defining soil quality for a sustainable environment, (definingsoilqua), 1-21.
16. FAO. 1976. A framework for land evaluation. FAO Soils Bulletin, No 32, F.A.O.Rome, 72 P.
17. FAO. 1983. Guide Lines: land evaluation for rain fed agriculture. FAO Soils Bulletin, No 52, Rome, 237p.
18. FAO. 1985. Guide Lines: land evaluation for irrigated agriculture. FAO Soils Bulletin, No55, Rome, 231 p.
19. Gee, GW., and JW.Bauder. 1986. Particle-size analysis. In: Klute A, editor. Methods of soil analysis, Part 1. 2nd ed. Madison (WI), ASA/SSSA: 383–411.
20. Helmke, P.A., and D.L.Sparks.1996. Lithium, sodium, potassium, rubidium, and cesium. Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods: 551-574.
21. Jafarzadeh, A., and G.Abbasi. 2006. Qualitative land suitability evaluation for the growth of onion, potato, maize, and alfalfa on soils of the Khalat pushan research station. Biologia, 61(19): S349-S352.
22. Khush, G.S. 1993. Varietal Needs for Different Environments and Breeding Strategies. In: New Frontiers in Rice Research, Muralidharan, K. and E.A.
23. Mc Bratney, A.B. and M.J.Pringle. 1997. Spatial variability in soil-implications for precision agriculture. In: J.V. Stafford (ed). Precision agriculture 97. BIOS. Sci. Pub: 3-31.
24. Nelson, D. W., and L.E.Sommers, 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. Methods of soil analysis part 3: chemical methods: 961-1010.
25. Rhoades, J.D. 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods: 417-435.
26. Schoning, I., K.V. Totsche and I.Kogel-Knabner .2006. Small Scale spatial variability of organic carbon stocks in litter and solum of a forested luvisol. Geoderma, 136: 631-642.

27. Shukla, M., K. Lal, R. and Ebinger, M. (2004). Principle component analysis for predicting corn biomass and grain yields. Soil Science, 169, 215-224.
28. Sparling, G. P., & Schipper, L. A. (2002). Soil quality at a national scale in New Zealand. Journal of Environmental quality, 31(6), 1848-1857.
29. Sumner, M. E., and W.Miller. P.1996. Cation exchange capacity and exchange coefficients. Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods: 1201-1229.
30. Sys C, E.Van Ranst, J.Debaveye, F.Beernaert. 1993. Land evaluation Part III, crop requirements. Agri Pub No. 7, ITC, Ghent.
31. Sys, C., E.Van Ranst, and J.Debaveye. 1991. Land evaluation, Part 1, principles in land evaluation and crop production calculations. International Training Centre for Post-graduate Soil Scientists, University Ghent.
32. Sys, C., E.Van Ranst, and J.Debaveye. 1991. Land evaluation, Part II: Metod land evaluation. General Administration for Development Cooperation. International Training Centre for Post-graduate Soil Scientists, University Ghent.
33. Sys, C., E.Van Ranst, and J.Debaveye. 1993. Land evaluation, Part III: Crop requirements. General Administration for Development Cooperetion. International Training Centre for Post-graduate Soil Scientists, University Ghent.
34. Thomas, G. W.1996. Soil pH and soil acidity. Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods: 475-490.
35. Wilding, L.P. and L.R.Dress. 1983. Spatial variability and pedology. In: L.P. Wilding, N.E. Smeckand and G.F. Hall (eds.), Pedogenesis and Soil Taxonomy. I. Concepts and Interactions. Elsvier Science Pub: 83-116.

Land Suitability Evaluation and Inherent Soil Fertility Quality for Rice Cultivation in Paddy Fields of Shaft and Fouman Counties

B. Delsouz Khaki, N. Honarjoo, N. Davatgar[1] , A. Jalalian, and H. Torabi Gol sefidi

PhD Graduate, Department of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan (Khorasgan) Branch , Islamic Azad University, Isfahan, Iran; E-mail: b_delsooz@yahoo.com

Assistant Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan (Khorasgan) Branch , Islamic Azad University, Isfahan, Iran; E-mail: nhonarjoo@yahoo.com

Associate Professor, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran; E-mail: n.davatgar@areeo.ac.ir

Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan (Khorasgan) Branch , Islamic Azad University, Isfahan, Iran; E-mail: a.jalalian@khuisf.ac.ir

Assistant Professor, Department of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran; E-mail: htorabi@shahed.ac.ir

Received: April, 2017 and Accepted: October, 2017

Abstract

Many methods have been developed since the formulation of the FAO framework for land evaluation and several of them still remain in widespread use. The objective of this research was to determine land suitability (using FAO method) and inherent soil fertility quality (using fuzzy membership function) for rice crop in paddy fields of Fouman and Shaft counties in northern Iran. Based on results obtained from FAO method, after climate factor (the limitation of the ratio of sunshine hours to day length i.e. n/N, and mean temperature in the growing cycle) which was the major limiting factor for irrigated rice cultivation in the study area, drainage was the most soil-limiting factor. Based on inherent soil fertility quality, thickness of the plow layer, which affected root penetration and available soil volume for nutrients, was the most important limiting factor. Based on FAO method SQRI, 92.4% of the study area were marginal and 7.6% were in moderate suitability class, however, according to CLI, all of studied lands were in moderate suitability class. Also, based on inherent soil fertility quality, most of the study area were in suitable (38%) and highly suitable (27%) classes. Correlation of the FAO (SQRI and CLI) and soil fertility quality calculated indexes showed that the indexes were significantly correlated with each other ($r=0.7$, $p<0.05$). The coefficients of determination (R^2) for each of the calculated indexes (SQRI, CLI) and rice actual yields were 0.73 and 0.61, respectively ($p<0.05$). The results of the study showed that use of the inherent soil fertility quality index beside land suitability evaluation is useful in order to indicate suitable areas for rice cultivation and fertilizer input management.

Keywords: Land Index, Climate Index, Soil Index, Fuzzy membership function

[1] Corresponding author: Soil and Water Research Institute of Iran, Karaj, Meshkindasht.