پنجمین کارگاه فنی زهکشی و محیط زیست
۱۶ آبان ماه ۱۳۸۷

مدیریت آبیاری و زهکشی در شالیزارها با توجه به ویژگی‌های بیولوژیکی برنج (*Oryza sativa*)[۱]

ابراهیم پذیرا[۲]

۱ـ مقدمه

به جرات می‌توان گفت که پس از گندم، برنج گیاهی است که می‌تواند در محدوده وسیعی از ویژگی‌های اقلیمی رشد و نمو نماید. بطور کلی، برنج در تمامی قاره‌ها، بجز در نواحی قطبی می‌تواند کشت شود. این گیاه را می‌توان در مناطق خشک، همانند گندم و ذرت، بصورت دیم و فقط از طریق غرقاب و خشکی با تناوب زیاد، یا در شرایط استغراق طبیعی کشت کرد. کشاورزان نسبت به کاشت برنج در جلگه‌های رسوبی، دشت‌های سیلابی و در تراس‌های زمین‌های کوهپایه‌ای اقدام می‌نمایند. هرچند میزان مقاومت به خشکی این گیاه از سایر غلات کمتر است، لیکن در نواحی خشک قاره آسیا و شمال قاره افریقا با موفقیت کشت می‌شود. با وجود حساسیت گیاه برنج به دمای کم محیط، عملکردآن در بخش‌های شمالی ژاپن، چین و حتی در مناطق با ارتفاع بیش از ۳۰۰۰ متر از سطح دریا، همانند نواحی استوایی و نیمه‌استوایی قابل ملاحظه است. اغلب خاک‌های شالیزاری در مناطق کم‌ارتفاع (پست) قرار دارند. بدین ترتیب، می‌توان آب آبیاری را از زمین‌های بالاتر دریافت و مصرف نمود. اراضی با خاک‌های مرطوب (خیس‌زاری)، شامل دشت‌های رسوبی مسطح، تراس‌ها، کوهپایه‌های مرزبندی شده و یا حتی خاک‌های زراعی مناطق مرتفع هستند، هر چند که در اکثر شرایط، زمین‌های شالیزاری در واحدهای فیزیوگرافی جلگه‌های رسوبی و سیلابی، مناطق دلتایی، زمین‌های ساحلی، کفه‌های جزر و مدّی، خاک‌های باتلاقی (خیس‌زاری) و بطور

۱- ارایه شده در پنجمین کارگاه زهکشی و محیط زیست، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران- تهران ۱۳۸۷.

۲- عضو گروه کار زهکشی و محیط زیست، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، عضو هیئت علمی و مدیر گروه واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی- تهران

عمده دشت‌های رسوبی رودخانه‌ای قرار دارند. در کلیه نواحی گفته شده، رژیم رطوبتی "آکویک" که نشانگر رطوبت زیاد و کمبود نسبی اکسیژن است، برقرار می‌باشد. لزوم فراهم بودن رطوبت زیاد و نیاز به اکسیژن کم، موجب گردیده تا ویژگی‌های خاک‌های شالیزاری، در مقایسه با مناطق مرتفع و یا خشکه‌زاری تحت کشت برنج دارای دامنه تغییرات نسبی کمتری باشند.

۲ـ محیط مطلوب برای زراعت برنج

۲ـ۱ـ شرایط اقلیمی

همان طور که گفته شد، برنج قادر است در محدوده وسیعی از شرایط آب و هوایی، بویژه در اقالیم معتدل تا گرم استوایی رشد کند. عملکرد برنج، به طول دوره تابش خورشید و بویژه در مدت ٤٥ روز قبل از برداشت وابسته است. در این ایام، نباید کاهش ناگهانی درجه حرارت و وزش بادهای تند اتفاق بیفتد.

جوانه زدن بذر گیاه برنج، در دمای خاک کمتر از ۱۲ درجه سانتیگراد با اشکال مواجه می‌گردد. شرایط مطلوب رشد و نمو این گیاه در محدوده‌ی حرارتی بین ٢٤ تا ٣٦ درجه سانتیگراد است. تغییرات دمای روزانه و شبانه در دوره گلدهی و تولید محصول (دانه بستن) باید به مقدار حداقل باشد. درجه حرارت آب آبیاری زراعت برنج بایستی بیشتر از ۱۸ درجه سانتیگراد باشد، این گیاه به یخبندان بسیار حساس می‌باشد، زیرا سرما موجب عقیم شدن خوشه‌های گیاه می‌گردد. مقادیر مطلوب بارندگی برای زراعت دیم (بدون آبیاری اصولی یا تکمیلی) این گیاه بیشتر از ١٦٠٠ میلیمتر در سال گزارش شده است. شرایط خشکی در مدت زمان بین ۸ تا ۱۲ روز در هنگام گل‌دهی و یا در دوره بلوغ می‌تواند برروی عملکرد محصول اثرات نامطلوبی بر جای گذارد.

۲ـ۲ـ ویژگی‌های خاک و اراضی

بطور کلی باید گفت که در مورد زراعت برنج، اعمال مدیریت نقشی مهمتر از ویژگی‌های اقلیمی و خصوصیات خاک و اراضی است. زراعت برنج در انواع متنوعی از خاک‌ها متداول است. این گیاه در خاک‌های سنگین با بافت رسی تا خاک‌های نسبتاً سبک لومی شنی می‌روید. خاک‌های حاصل از نهشته‌های آبرفتی که دارای بافت سنگین می‌باشند، بطور معمول مناسب‌تر از خاک‌های با بافت سبک هستند. در هر صورت، خاک باید برای اجرای عملیات "گلخرابی"[1] و نگهداری سطح ایستابی در زیر سطح خاک در دوره رشد رویشی ونیز زهکشی سطحی در دوره رسیدن و برداشت محصول را داشته باشد. خاک‌های با زهکشی داخلی نامناسب تا نسبتاً خوب مناسبترند. نفوذپذیری مطلوب لایه زیرین خاک کمتر از ۰/٥ سانتیمتر در ساعت است. خاک‌هایی که به زراعت برنج اختصاص می‌یابند، کمتر دربرابر خطرات

1- Puddling.

فرسایش قرار دارند.

۲ـ۳ـ وضعیت عناصر غذایی

بدلیل وجود شرایط غیرهوازی در خاک، تجزیه و تغییر شکل مواد آلی در آن کاهش می یابد. نیتروژن (N) بوسیله جلبک‌های سبز ـ آبی و باکتری‌ها در خاک تثبیت می‌شود. از این رو، علایم کمبود نیتروژن (N) و فسفر (P) در گیاه ظاهر می‌گردد. کمبود عناصر غذایی دیگری نظیر پتاسیم (K) و گوگرد(S) نیز ممکن است در محدوده‌هایی ظاهر شود. همچنین علایم کمبود سیلیس (Si) در خاک‌های تورب (پیت) قابل مشاهده می‌باشد.

برنج نیازمند مقادیر زیادی نیتروژن (N) است و خاک شالیزار بایدازدرجه حاصلخیزی متوسط تا زیادی برخوردار باشد.

مصرف زراعت برنج برای دستیابی به عملکرد ۳/٤ تن در هکتار برای ترکیبات غذایی نیتروژن (N)، فسفر (P_2O_5) و پتاسیم (K_2O) به ترتیب معادل ٥٤ ، ٦٠ و ٥٥ کیلوگرم در هکتار در یک دوره زراعی است.

۲-۴- کیفیت آب آبیاری

برای عملکرد مطلوب زراعت برنج، مقدار زیادی آب مورد نیاز است. مصرف آب‌های نامناسب، موجب بروز و یا توسعه مشکلاتی در خاک می‌گردد که پیامد آن کاهش عملکرد محصول است. برخی از مسایل شاخص خاک که بر گیاه برنج موثر است، شامل اثرات شوری، کمبود روی (Zn)، فسفر (P) و وفور سدیم (Na) است.

مشکل شوری، ویژگی مناطق خشک و نیمه خشک جهان است که کم و بیش در نواحی برنج کاری این مناطق نیز وجود دارد.

تراکم شوری در خاک که بوسیله نمک‌های آب آبیاری ایجاد می‌گردد، گاهی سریعتر از فرایند شوری‌زدایی طبیعی خاک‌هاست. هرچند عامل اصلی تجمع نمک‌ها در خاک، آب آبیاری است، لیکن کاربرد کودهای شیمیایی، کودهای دامی و مواد زاید دیگر نیز می‌تواند در تجمع نمک‌ها در نیمرخ خاک تأثیرگذار باشد. نمک‌های محلول موجد مشکل شوری، بطور معمول شامل کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg)، سدیم (Na)، کلر (Cl)، سولفات (SO_4) و نیترات (NO_3) است.

برنج در مرحله رشد گیاهچه، نسبت به نمک‌های کلرور و نیترات بسیار حساس است. مسایل مرتبط با سدیم، علاوه بر آب آبیاری، وابسته به طبیعت بعضی از انواع خاک‌ها و نواحی خاصی است. زیادی میزان سدیم می‌تواند برروی خصوصیات فیزیکی خاک‌ها آن چنان اثرات نامطلوبی برجای گذارد که حتی استقرار گیاه در خاک نیز مختل گردد.

گرایش خاک‌ها بهpH بالا، ناشی ازاستفاده از آب‌های با غلظت زیاد کلسیم، منیزیم و بیکربنات می‌باشد. با نفوذ آب به خاک، نمک‌های بیکربنات، به کربنات کلسیم و منیزیم تبدیل گردیده و رسوب می‌نمایند. به این ترتیب، واکنش (pH) محلول خاک افزایش حاصل می‌نماید. میزان pH در محل ورود جریان زیاد و در

پایین‌دست کمتر می‌شود.به این ترتیب،امکان بروز مشکل توامان افزایش شوری و قلیائیت در خاک پیش می‌آید.

تجزیه آب می‌تواند اقدامی موثر در تشخیص مسایل و پتانسیل بروز مشکلات گردد. برخی از این پارامترها شامل تعیین غلظت کلسیم، بیکربنات، کلر، هدایت الکتریکی (ECw) و نسبت جذب سدیم (SAR) می‌باشند.

جدول (۱)ـ راهنمای عمومی تناسب کیفیت آب آبیاری برای زراعت برنج

ردیف	متغیرهای کیفیت آب	مقادیر لازم به توجه برای اعمال ملاحظات	شرح ملاحظات
۱	کلسیم (Ca) بیکربنات (HCO_3)	$> ۶۰ ppm (> ۳ meq/l)$ $> ۳۰۵ ppm (> ۵ meq/l)$	این آنیون‌ها بصورت مشترک می‌تواند موجب افزایش واکنش (pH) خاک در محل آبگیری و ورود جریان آب به مزرعه گردند، که در نتیجه آن کمبود عناصر روی (Zn) و فسفر (P) در خاک‌های لومی سیلتی متصور است.
۲	هدایت الکتریکی (ECw) [پس از رسوب آهک]	$> ۷۷۰ ppm$ $(> ۱/۲۰ dS/m)$	باعث افزایش میزان شوری خاک گردیده که در نتیجه آن به گیاهچه‌های برنج خسارت وارد و یا باعث از بین رفتن آنها می‌شود.
۳	کلر (Cl)	$> ۱۰۰ ppm (> ۳ meq/l)$	بر روی اندازه‌گیری هدایت الکتریکی (EC) مؤثر است و مقادیر زیاد کلر به تنهایی می‌تواند بروی گیاهان خانواده بقولات در تناوب زراعی با گیاه برنج خسارت وارد نماید.
٤	نسبت جذب سدیم (SAR)	$> ۱۰ (meq/l)^{۰/۵}$	موجب ایجاد خاک سدیمی گردید، که ویژگی‌های فیزیکی نامطلوبی دارد.

* ppm = قسمت در میلیون

$$SAR = Na / [0/5(Ca + Mg)]^{-0/5} \; ; \; Na, Ca, Mg (meq/l)$$

با عنایت بر موارد مندرج در جدول می‌توان ارزیابی اجمالی کیفیت آب آبیاری را بشرح زیر خلاصه نمود.

- غلظت کلسیم و بیکربنات، می‌تواند برای برآورد میزان آهکی که در خاک رسوب خواهد نمود، مورد استفاده قرار گیرد. همچنین افزایش pH خاک را در صورت استفاده طولانی مدت می‌توان پیش‌بینی کرد.
- هدایت الکتریکی، نشانگر مجموع نمک‌های محلول در آب آبیاری می‌باشد و از طریق آن می‌توان برآوردی از پتانسیل خسارت شوری به گیاه برنج را بدست آورد.
- غلظت کلر، بدلیل پتانسیل ایجاد مسمومیت برای گیاهان خانواده بقولات که در تناوب زراعی پس از

زراعت برنج قرار می‌گیرند، با اهمیت می‌باشد.

- نسبت جذب سدیم (SAR) بالا، نشانه این است که کاربرد طولانی مدت آب آبیاری می‌تواند خاک را سدیمی کند.

۲-۵- اثرات و خسارات شوری برگیاه برنج

- **آثار و علائم شاخص**

- نوک برگ‌ها برنگ سفید در می‌آید.
- لکه‌های کلروزه در بعضی از برگ‌ها ظاهر می‌گردد.
- رشد رویشی گیاه و پنجه زدن بوته‌ها کند و یا متوقف می‌شود.
- درمزرعه لکه‌های بدون پوشش گیاهی مشاهده می‌گردد.
- علایم خسارت ابتدا در برگ‌های اولیه، سپس در برگ‌های جوان و سرانجام در برگ‌های درحال رشد ظاهر می‌شود.
- علایم"شوری"و یا"سدیمی بودن" ممکن است بهمراه علائم کمبود فسفر (P)، روی (Zn) و آهن (Fe) و اثرات مسمومیت[1] یون بُر (B) باشد.

- **سایر اثرات بر روی رشد و نمو گیاه**

- کاهش در مقدار جوانه‌زنی بذر
- تأثیرگذاری برروی اعمال زیستی مانند تنفس[2] و فتوسنتز گیاهی[3]
- کاهش تثبیت بیولوژیکی نیتروژن (N_2) و معدنی شدن آن (N) در خاک
- کاهش ارتفاع بوته‌ها و تعداد پنجه‌های گیاهی
- رشد ضعیف ریشه‌ها
- افزایش میزان عقیم شدن[4] خوشه‌های گیاه برنج
- کاهش وزن هزاردانه و کل میزان پروتئین در دانه
- عدم تأثیر بر پخت برنج

از طریق آزمون گیاه و یا خاک می‌توان اثرات و خسارت شوری را برروی گیاه تأیید نمود بطوریکه : افزایش سدیم (Na) در بوته‌های گیاه برنج ممکن است نمایانگر خسارت ناشی از شوری باشد، که در نتیجه آن کاهش عملکرد محصول بوقوع می‌پیوندد. میزان بحرانی غلظت کلرور سدیم (Na Cl) در بافت‌های برگ

1- Toxicity.
2- Respiration.
3- Photosynthesis.
4- Sterility.

با علایم مسمومیت در ارقام متفاوت، مختلف می‌باشد. نوعی همبستگی بین نسبت سدیم به پتاسیم (Na : K) و مقاومت به شوری برقرار می‌باشد. نسبت سدیم به پتاسیم (Na : K) بیشتر از ۲:۱ در دانه برنج ممکن است معرف ارقام مقاوم به شوری باشد.

نسبت سدیم به کلسیم (Na : Ca)در بافت گیاه مشخصهٔ مناسبی برای شوری نیست.

۲-۶- مدیریت در عملیات آبیاری

ابتدا لازم است سطح مزرعه بمدت ٤-۲ هفته قبل از کشت برنج بصورت مستغرق نگهداری شود. همچنین باید از کاربرد آب‌های سدیمی، بصورت مستقیم و یا متناوب اجتناب نمود. در مناطق کم‌آب باید آب حاصل از بارندگی را برای کاربرد در دوره‌های خشکی برای آبیاری ذخیره نمود. در مناطق ساحلی لازم است از پدیده تداخل آب شور دریا با آب‌های زیرزمینی غیر شور جلوگیری نمود.

۲-۷- کاربرد کودهای شیمیایی

برای جلوگیری از بروز کمبود روی در گیاه، کاربرد روی (Zn) به میزان۱۰-۵ کیلوگرم (خالص) در هکتار لازم است. مقادیر کافی فسفر (P)، نیتروژن (N) و پتاسیم (K) بایستی برای کاربرد در زراعت برنج اختصاص داده شود. کاربرد پتاسیم (K) ضرورت کامل دارد تا نسبت‌های پتاسیم به سدیم (K:Na)، پتاسیم به منیزیم (K:Mg) و پتاسیم به کلسیم (K:Ca) در حدود مطلوب ایجاد شود. سولفات آمونیم منبع نیتروژن (N) مناسب است. کاربرد نیتروژن (N) بایستی بصورت سرک و در چند نوبت متناوب باشد. مصرف نیتروژن قبل از کشت در خاک‌های شور و سدیمی نتایج مطلوب و مورد انتظار را حاصل نمی‌نماید. در خاک‌های سدیمی، جایگزینی سدیم (Na) با کلسیم (Ca) از طریق کاربرد گچ ممکن است موجب کاهش فسفر (P) در دسترس گردد.

۳- برآورد نیاز آبی گیاه برنج

ناخالص نیاز آبی برنج بصورت مجموع مقادیر تبخیر و تعرق[1] و تراوشات عمقی[2] است. تبخیر و تعرق عبارت از کمیت آبی است که برای تبخیر[3] از سطح آب و یا خاک در مزرعه و یا تعرق[4] گیاه به مصرف می‌رسد.

فرایند تبخیر و تعرق بطور عمده بوسیله شرایط اقلیمی تعیین می‌گردد؛ بطوریکه این پدیده بیشتر مرتبط با دریافت

1- Evapotranspiration.
2- Percolation.
3- Evaporation.
4- Transpiration.

انرژی خورشیدی بوسیله گیاه و سطح خاک است.

در روش اندازه‌گیری تبخیر و تعرق برنج بوسیله لایسیمتر بهتر آنست که سه عدد لایسیمتر با مشخصات زیر در هر محل نصب گردد.

(A) لایسیمتر بدون کف و دارای گیاه که از طریق آن می‌توان ET+P را برآورد نمود.

(B) لایسیمتر بدون کف و بدون گیاه که بوسیله آن امکان محاسبه E+P فراهم است.

(C) لایسیمتر دارای کف لیکن فاقد گیاه که از طریق آن فقط می‌توان مقدار E را اندازه‌گیری نمود.

برای اندازه‌گیری آب مورد نیاز در روش لایسیمتری معادله کلی زیر را می‌توان ارایه داد:

$$ET = A-(B-C) \qquad (۱-۱)$$

$$ET = ET+P-E-P+E=(E+T) \qquad (۱-۲)$$

که در آن :

ET ، تبخیر و تعرق گیاه

P ، تراوشات یا نفوذ عمقی

E ، میزان تبخیر از لایسیمتر بدون گیاه

T ، تعرق گیاه درون لایسیمتر

با ملاحظه کاهش سطح آب در لایسیمتر می‌توان تبخیر و تعرق (ET) را برآورد نمود.

برای محاسبه نسبت تبخیر و تعرق (R)[1] در سطح مزرعه آزمایشی، می‌توان رابطه زیر را بکار برد:

$$\frac{ET}{Eo} = R \quad , \quad ET = Eo \times R \qquad (۱-۳)$$

که در آن:

ET ، میزان تبخیر و تعرق برحسب (میلیمتر در روز)

Eo ، تبخیر از سطح طشتک کلاس (A) برحسب (میلیمتر در روز)

R ، نسبت مربوطه (بدون بُعد)

بدلیل آنکه میزان تبخیر (Eo) را می‌توان بطور روزانه دردست داشت، با جایگزینی آن در معادله (۱-۳) می‌توان مقدار ET را بدست آورد.

تذکر : تبخیر و تعرق گیاهی و تبخیر از سطح طشتک کلاس (A) با زمان (روزانه، ماهیانه یا فصلی) تغییر می‌نماید. بدین دلیل مقدار عددی (R) نیز غیرثابت خواهد بود. بنابراین تنها با انجام اندازه‌گیری‌های لازم، و ثبت مشاهدات می‌توان برای دوره‌های متفاوت رشد و نمو گیاه نوعی رابطه تجربی (خطی یا غیرخطی) برای جفت‌های متناظر Eo و ET برقرار نموده و از نتایج حاصله در برنامه‌ریزی آبیاری استفاده کرد.

1- Evapotranspiration Ratio.

- **تراوشات یا نفوذ عمقی**

عبارت از میزان آبی است که می‌تواند بسمت پایین در خاک نفوذ نماید و مقدار آن تابعی از بافت خاک و عمق سطح ایستابی می‌باشد. میزان آن می‌تواند از حدود ۱ میلیمتر در روز در خاکهای رسی تا مقدار ۵۰ میلیمتر در روز در خاک‌های شنی متغیر باشد.

- **عوامل موثر بر میزان نفوذ یا تراوشات عمقی در مزرعه**

- خاک‌های ریز بافت دارای مقادیر نفوذپذیری بیشتری از خاک‌های درشت بافت هستند. همچنین خاک‌هایی با ساختمان ستونی دارای نفوذ عمقی زیادتری در مقایسه با خاک‌های با ساختمان متراکم می‌باشند.
- ارتفاع سطح ایستابی در مزرعه، هرچه عمق تیغه آب کمتر باشد، مقدار تراوشات عمقی آن کمتر است.
- نفوذپذیری خاک، مقدار تراوشات عمقی بطور مستقیم با میزان نفوذپذیری یا هدایت هیدرولیکی قایم اشباع خاک تغییر می‌نماید.
- عمق استقرار لایه محدوده کننده ، هر چه لایه غیرقابل نفوذ کم عمق‌تر باشد میزان تراوشات عمقی کمتر است.

۴- کاربرد آب آبیاری

۴-۱- روش‌های افزایش آب به مزارع شالیزاری

- **روش استغراق دایم**[1]

در این روش، مزرعه برنج از هنگام نشاء کاری تا دو هفته قبل از برداشت بصورت غرقاب دایم نگهداری می‌گردد.

- **روش آبیاری متناوب**[2]

در این روش استغراق متناوب بهمراه زهکشی سطحی به انجام می‌رسد، بطوریکه سطح خاک تا تناوب بعدی آبیاری بصورت غیرمستغرق در می‌آید.

1 - Continuaus Submergence.
2 - Intermittent Irrigation.

۴-۲- مزایای آبیاری متناوب در مزارع شالیزاری

- موجب تهویه خاک مزرعه گردیده و از ایجاد مواد سمی و سایر ترکیبات زیان‌آور جلوگیری می‌شود.
- موجب صرفه‌جویی در میزان آب مصرفی گیاه می‌گردد.
- مشکلات زهکشی را کاهش می‌دهد.

۴-۳- معایب اعمال آبیاری متناوب در مزارع شالیزاری

- به نظارت یا مدیریت آبیاری دقیق‌تری نیاز دارد.
- کنترل و دفع علف‌های هرز (آب دوست) مزرعه برنج به هزینه بیشتری نیاز دارد.

۴-۴- توصیه‌های ضروری در مورد روش‌های آبیاری

- در صورت عدم وجود نتایج قطعی در مورد اختلاف عملکرد در دو روش آبیاری و مشروط به کنترل مطلوب علف‌های هرز، در شرایط خشکی یا کم‌آبی و یا برای خاک‌های نفوذپذیر، آبیاری متناوب توصیه می‌گردد.
- برای تأمین کامل آب مورد نیاز گیاه، اشباع نمودن خاک کفایت می‌نماید. در پنج روز اول پس از انتقال نشاء، مزرعه برنج باید در اشباع کامل باشد. عدم اجرای این امر باعث بروز خسارت به گیاهچه‌های جوان خواهد شد. این تنش آبی قابل جبران نبوده و جمعیت بوته‌های جوان کاهش خواهد یافت.
- حداکثر میزان تحمل گیاه برنج به شرایط استغراقی بشرح زیر توصیه گردیده است.

جدول (۲)- حداکثر میزان تحمل گیاه برنج به شرایط عمق آب استغراقی

ردیف	مراحل مختلف رشد گیاه	تحمل گیاه به عمق استغراق (سانتیمتر)
۱	از زمان نشاء کاری تا مراحل اولیه پنجه زدن*	۵-۲
۲	شرایط پنجه زنی فعال*	۱۰-۵
۳	حداکثر فعالیت پنجه زنی	۱۵
٤	قبل از دوره خشکی	۱۵

* مرتبط با ارتفاع بوته‌ها (گیاهچه‌ها) می‌باشد.

- حداکثر طول دوره‌هایی که مزرعه برنج می‌تواند در شرایط غیراشباع قرار گیرد در جدول زیر ارایه شده است.

جدول (۳)- حداکثر طول دوره های تحمل گیاه برنج به شرایط غیراستاندارد رطوبتی

ارقام متن جدول برحسب روز است

ردیف	مراحل مختلف رشد و نمو گیاه	خاک‌های ریزبافت (رسی)	خاک‌های میان بافت (شنی)
۱	نشاءکاری	۵	۳
۲	پنجه‌زنی	۷	٤
۳	رشد رویشی گیاهچه	٦	۳
٤	خوشه‌دهی	٦	۳
۵	گل‌دهی	٦	۳
٦	قبل از دوره خشکی	۸	٤

۵- بارندگی مؤثر[1]

طبق تعریف به مقداری از باران که بطور موثردر محدوده اراضی مورد آبیاری به مصرف واقعی گیاه می‌رسد، بارندگی موثر گفته می‌شود.

۵-۱- عوامل اثرگذار بر میزان بارندگی موثر

- شدت ریزش و توزیع زمانی بارش
- عمق تیغه آب در قطعات زراعی برنج
- اندازه و چگونگی نگهداری پشته‌های قطعات زراعی
- روش آبیاری و تناوب انتقال آب به مزارع
- وضعیت توپوگرافی اراضی
- تأسیسات و تجهیزات زهکشی مزارع

۵-۲- روش‌های افزایش مقدار بارندگی موثر

- توسعه و مرمت پشته‌های مزرعه منتج به افزایش میزان ذخیره آب[2] در سطح قطعات زراعی خواهد شد. در جدول زیر حداقل ارتفاع پشته‌ها (ارتفاع سطح سرریز[3] از کف مزرعه) در مراحل مختلف رشد نشان داده شده است.

1- Effective Rainfall.
2- Pondage.
3- Spillway.

جدول (٤)- ارتفاع سطح سرریز قطعات زراعی برنج در مراحل متفاوت

ردیف	مراحل رویش گیاه و یا اجرای عملیات مدیریت آبیاری	ارتفاع توصیه شده پشته در قطعات شالیزاری (سانتیمتر)
۱	خیساندن مزرعه و آماده سازی قطعات زراعی شالیزاری	۱۵
۲	از دوره نشاء کاری تا مراحل اولیه پنجه زدن*	۵-۲
۳	دوره پنجه زدن فعال*	۱۰-۵
٤	دوره حداکثر پنجه زنی تا دوره خشکی	۱۵
۵	مرحله زهکشی نهایی (۱۰-۱٤ روز قبل از برداشت محصول شالی)	۰

* مرتبط با ارتفاع بوته های گیاه است.

بطور کلی هرچند مرمت پشته‌های مزرعه موجب افزایش میزان ذخیره آب در سطح قطعات خواهد شد، لیکن محدودیت‌هایی نیز برای عمق آب در مراحل مختلف رشد وجود دارد. به این منظور ضرورت دارد که نسبت به ساخت یا احداث نوعی سرریز بمنظور کنترل عمق آب در مزارع برنج اقدام نمود.

- **تطبیق برنامه آبیاری تعلیقی[1] برای آبیاری برنج**

ریزش باران بر سطح مزارع برنج که قطعات زراعی مسطحی می‌باشند که بوسیله پشته‌هایی از یکدیگر مجزا و دارای ظرفیت ذخیره آبی می‌باشند، موجب گردیده تا بتوان نسبت به تنظیم برنامه آبیاری تعلیقی بشرح جدول زیر اقدام نمود.

جدول (۵)- روزهای تعلیق عملیات آبیاری برای مقادیر متفاوت بارندگی روز قبل

ردیف	محدوده های ریزش بارندگی روز قبل (میلیمتر)	ایامی که آبیاری می‌تواند تعلیق یا متوقف شود. (روز)
۱	۱۰-۵	۱
۲	۱۱-۱۸	۲
۳	۱۹-۲۷	۳
٤	۲۸-۳٦	٤
۵	۳۷-٤۵	۵
٦	>٤۵	٦

* تذکر: ارقام این جدول بدون تعدیل‌های محیطی نمی‌تواند کاربردی مستقیم داشته باشد و فقط بعنوان اطلاعات راهنما ارایه شده است.

1- Suspension Schedule.

- **کاربرد متناوب آب آبیاری**

در کاربرد متناوب آب آبیاری، گاهی تیغه آب ناچیز است. بدین دلیل شانس دریافت مقادیر بیشتری از بارش همواره وجوددارد.

- **اجرای دقیق عملیات تسطیح قطعات اراضی شالیزاری**

مزارع تسطیح شده در مقایسه با سایر مزارع ، مقادیر بیشتری آب زا در خود ذخیره می کنند. در نتیجه قطعات اراضی شیب دار موجب هدررفت مقادیر آب بارندگی بصورت روان آب سطحی از محل سرریز قطعات زراعی می‌گردند.

۵-۳- روش برآورد میزان بارندگی موثر در محدوده مورد نظر

- ارقام میزان بارندگی ماهیانه و روزانه باید دارای حداقل ده سال آماربباشد.
- نسبت به ترسیم منحنی تغییرات ماهیانه بارش در طول سال اقدام شود.
- برروی نمودار مذکور، فصول خشک و مرطوب را انتخاب کرد.
- جدولی تهیه کرد که نمایانگر متوسط بارندگی روزانه وتعداد روزهای بارانی در هر دوره ده روزه و یا هفتگی باشد.
- با فرض اینکه در محدوده مورد نظر تبخیر و تعرق روزانه ٦ میلیمتر و مقدار تراوشات عمقی نیز برابر با ۲/۰ میلیمتر در روز باشد، ملاحظه می‌گردد که مقادیر بارندگی افزون بر ۸۰ میلیمتر در یک دوره ده روزه نمی‌تواند بطور موثری مورد استفاده قرار گیرد و در صورتی که مقدار بارندگی ده روزه کمتر از ۸۰ میلیمتر باشد، درصد بارندگی موثر آن ایام ۱۰۰٪ خواهد بود. هرگاه بعنوان مثال در دهه سوم خرداد ماه متوسط بارندگی ده ساله برابر با ۹۰/٤ میلیمتر باشد درصد بارندگی موثر این دوره [۱۰۰×(۹۰/٤÷۸۰)] برابر با ۸۸/٥٪ خواهد بود و این بدان معنی است که مقدار ۱۰/٤ میلیمتر بارندگی در این دوره (ده روزه) غیر موثر می‌باشد.
- هرگاه بعنوان نمونه متوسط بارندگی در فصل مرطوب برابر با ۱۷۳۸ میلیمتر و برای فصل خشک ۳۰۹/۲ میلیمتر باشد، مقادیر بارندگی موثر این فصول به ترتیب ۱۳۱۰ و ۳۰۹/۲ میلیمتر خواهد بود. برای محاسبه معدل روزانه بارندگی مؤثر در فصول مرطوبی و خشک می‌توان از روش‌های مرسوم و متعارف استفاده نمود.

۵-۴- تعیین دوره‌های زمانی ایام مرطوب و خشک سال

برای تعیین دوره‌های مرطوب و خشک سال، ارقام میزان بارندگی و متوسط درجه حرارت ماهیانه انتخاب می‌شود. طول دوره آماری باید حداقل ده سال باشد. برای ترسیم منحنی تغییرات بارندگی (میلیمتر) و متوسط

درجه حرارت (سانتیگراد) نسبت به زمان، در یکی از محورهای قایم این نمودار، بارندگی ماهانه به صورت T2 = P و در محور قایم دیگر، دما منظور می‌گردد. این نمودار بنام **"منحنی آمبروترمیک[1]"** دانسته می‌شود و ایام زمانی دوره‌های مرطوب و خشک سال را نمودار می‌سازد. اعمال دقت برای انتخاب ماه شروع نمودار (ژانویه) و خاتمه آن (دسامبر) ضروری است.

۶- سطح زیرکشت و عملکرد محصول شلتوک در استان‌های انتخابی کشور

سطح زیرکشت انواع ارقام شلتوک در کشور حدود ٦٢٨١٠٥ هکتاربا تولید سالیانه ٢/٧٤ میلیون تن گزارش شده است. گستره کشت برنج در بیست و یک استان گزارش گردیده که استان‌های مازندران و یزد به ترتیب با دارا بودن ٢٠١٧٩٣ و ١٥ هکتار بیشترین و کمترین مساحت برنج کاری در کشور را دارا می‌باشند. متوسط میزان عملکرد محصول در سطح کشور ٤/٣٦ تن در هکتاراست. استان‌های اصفهان و اردبیل و به ترتیب با دارا بودن عملکردهایی معادل ٥/٥٩٥ و ١/٨٤٥ تن در هکتار در جایگاه‌های نخست و آخر قرار دارند. با توجه پراکنش جغرافیایی مناطق برنج کاری در ایران پنج استان مازندران، گیلان، گلستان، فارس و خوزستان در مجموع ٩٠/٧٨ درصد مساحت زمین‌های تحت کشت را دارا بوده و سهم تولید این استان‌ها ٩٠/٨١ درصد کل عملکرد محصول شلتوک کشور است. بعضی اطلاعات لازم در مورد استان‌های یاد شده در جدول زیر ارایه شده است.

جدول (٦)- برخی اطلاعات پایه‌ای در مورد استان‌های انتخابی که زراعت برنج در آنها متداول است [میانگین عملکردهای منطقه‌ای (استانی) می‌باشد.]

ردیف	نام استان (منطقه)	مساحت زیرکشت زراعت برنج (هکتار)	درصد از مساحت کل زمین‌های برنج کاری کشور	رده‌های خاک و زمین‌های غالب مورد کشت زراعت برنج						میزان عملکرد شلتوک (تن در هکتار)	
				آنتی سولز	آریدی سولز	اینسپتی سولز	مولی سولز	الفی سولز	ورتی سولز	میانگین عملکرد منطقه	اختلاف از میانگین کل
١	مازندران	٢٠١٧٩٣	٣٢/١٣	•	–	•	•	•	•	٥/٠٤١	+٠/٧٧٢
٢	گیلان	١٩٩٠٥٧	٣١/٦٩	•	–	•	•	•	–	٣/٨٣٣	–٠/٤٣٦
٣	گلستان	٦٠٧٣١	٩/٦٧	•	•	•	•	•	•	٤/١٣٨	–٠/١٣١
٤	فارس	٥٥٥٣٨	٨/٨٤	•	•	–	–	–	–	٤/٦٣٣	+٠/٣٦٤
٥	خوزستان	٥٣٠٧٠	٨/٤٥	•	•	•	–	–	–	٣/٧٠٢	–٠/٥٦٧
جمع کل		٥٧٠١٨٩	٩٠/٨١	٦	٣	٤	٣	٣	٢	٤/٢٦٩	–

انحراف متوسط (انحراف از میانگین) = ٠/٤٥٤ واریانس = ٠/٣١٤٣

انحراف معیار (انحراف استاندارد) = ٠/٥٦٠٦ ضریب تغییرات (٪) = ١٣/١٣

1- Ombrothermic Diagram

بطوریکه از جدول استنباط می‌گردد شرایط آب و هوایی استان‌های انتخابی مورد زراعت برنج تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای داشته و رده‌های مختلف خاک و زمین‌ها نیز که بنحوی متأثر از شرایط اقلیمی، مواد مادری، شرایط فیزیوگرافی و ژئومرفولوژیکی، فعالیت‌های موجودات زنده و عامل زمان است. بخش عمده زمین‌های زراعت برنج را رده‌های خاک آنتی‌سولز و اینسیتی سولز در درجه نخست و پس از آن به ترتیب خاک‌های رده مولی سولز، الفی سولز و آریدی سولز و سرانجام خاک‌های رده ورتی‌سولز تشکیل می‌دهد. در کلیه استان‌های انتخابی عملیات زراعت برنج مبتنی بر آبیاری اصولی و یا تکمیلی است. بدین دلیل استمرار برنج کاری در استان‌های خشک و نیمه خشک کشور (از جمله فارس و خوزستان) در زمین‌های خشکه‌زاری نه تنها بدلیل کاربرد مقادیر قابل ملاحظه آب آبیاری، بلکه بدلیل اثر بر کیفیت منابع خاک و آب (زیرزمینی آبخوان‌های کم عمق با کیفیت نامطلوب) قابل تأمل و تعمق است.

بررسی آماره انحراف از میانگین عملکرد محصول بیانگر آنست که کران‌های کاهش یا افزایش میانگین عملکرد شلتوک در استان‌هایی که ۹۰/۸۱ درصد محصول را تولید می‌نماید در محدوده ٤/۲٦۹ ±۰/٤٥٤ تن در هکتار قرار دارد که نسبت به میانگین عملکرد کشورهای آسیایی جنوب شرقی (بخصوص هند، چین، ژاپن، فیلیپین و...) به میزان قابل ملاحظه‌ای کمتر است . این در شرایطی است که در بعضی از کشورهای آسیای جنوب شرقی بارندگی‌های موسمی در فصل تابستان بخش قابل ملاحظه‌ای از نیاز آبیاری زمین‌های شالیزار را بطور طبیعی تأمین می‌نماید. به هرحال با تغییر دو رویکرد: افزایش سطح زیرکشت و افزایش عملکرد محصول در واحد سطح، توجهات خاص در کشور باید متوجه تولید حداکثر بازاء واحد آب مصرفی گردد. دستیابی به این هدف مستلزم انجام اقدامات اصولی و زیربنایی، بهبود شرایط به‌زراعی، به‌نژادی و سرانجام اعمال مدیریت‌های زراعی دقیق و علمی است.

۷- نتیجه‌گیری

بطور کلی اعمال مدیریت‌های علمی و مطلوب زراعی در مورد زراعت برنج با اهمیت‌تر از ویژگی‌های مناسب شرایط اقلیمی و ویژگی‌های خاک و زمین‌ها است. کشت و کار زراعت برنج در انواع متنوعی از خاک‌ها متداول است. بطوریکه زراعت این گیاه در خاک‌های با بافت رسی و سنگین و حتی خاک‌های با بافت لومی- شنی می‌تواند بانجام رسد. خاک‌های نهشته‌های آبرفتی که دارای بافت سنگین می‌باشند، بطور معمول مناسب‌تر از خاک‌های با بافت سبک می‌باشند. به هرصورت خاک بایستی تناسب لازم برای اجرای عملیات " گلخرابی" و نگهداری سطح ایستابی در طی ادوار رشد رویشی و زهکشی سطحی را در دوره رسیدن و برداشت محصول داشته باشد.

خاک‌های با شرایط زهکشی درونی نامناسب تا نسبتاً خوب برای این زراعت بیشتر مناسب می‌باشند. نفوذپذیری مطلوب خاک لایه زیرین برای زراعت برنج در محدوده کمتر از ۰/٥ سانتیمتر در ساعت است. خاک‌های مورد کشت و کار زراعت برنج کمتر در مورد خطرات ناشی از فرایند فرسایش قرار دارند.

منابع مورد استفاده:

۱- پذیرا، ابراهیم و محمد حسن مسیح آبادی (۱۳۸٦): ویژگی‌های خاک‌های شالیزار و تولید محصول برنج، مجله علمی- پژوهشی علوم کشاورزی، واحد علوم و تحقیقات- تهران، ویژه نامه شماره (۲) سال سیزدهم ص ۳۹۷- ٤۱٥.

۲- آمارنامه کشاورزی، جلد اول. محصولات زراعی و باغی، سال زراعی ۸٤- ۱۳۸۳ (۱۳۸٥): دفتر آمار و فناوری اطلاعات، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی وزارت جهاد کشاورزی، نشر آموزش کشاورزی.

۳- پذیرا، ابراهیم و حمید سیادت (۱۳٥٦): مدیریت آب در شالیزارها، مؤسسه خاکشناسی و حاصلخیزی خاک، شماره ٥۲٤، وزارت کشاورزی و عمران روستایی.

4- Challenges and Opportunities in a Less Favorable Ecosystem (1993): Upland Rice, IRRI Infourmtion Series NO. 2 .

5- Challenges and Opportunities in a Less Favorable Ecosystem (1992): Rainfed Lowland Rice, IRRI Infourmtion Series No.1 .

6- De Datta, S.K. (1981): Principles and Practices of Rice Production. John Wiley & Sons, Inc.

7- Hoshikawa, K. (1989): The Growing Rice Plant, Noubunkyo, Tokyo.

8- Irrigation Methods (1988): Irrigation Water Management Training Manual, No. 5. FAO, Rome.

9- Kawaguchi, K. and K. Kyuma (1977): Paddy Soils in Tropical Asia, Their Material, Nature and Fertility. The University Press of Hawai.

10- Kyuma, K. (1980): Productivity of Lowland Soils. International Rice Research Institute (IRRI.(

11- Kyuma, K. and K. Kawaguchi (1966): Major Soils of Shoutheast Asia and The Classification of Soils under Rice Cultivation. Southeast Asian Stud. 4:290-312.

12- Moormann, F.R. and N. van Breemen (1978): Rice: Soil, Water, Land. International Rice Research Institute (IRRI.(

13- Nakagawa, Sh. Nakagawa, M. Matsumoto, A. Chiba, T. Iwamoto, S. Iwasaki, K. and Y. Matoba (1983): Advanced Rice Cultivation, Irrigation and Drainage Technology in Japan. Fuji Marketing Research Co. Ltd.

14- Rice Doctor @ 2003. International Rice Research Institute (IRRI)

15- Soil Survey Investigation for Irrigation (1979): FAO Soils Buletin, No. 42, FAO Rome.

16- Sparks, D.L. (1995): Environmental Soil Chemistry, Academic Press, London.

17- The Impact of Salt Water on Agricultural Land (2005): UN. FAO, Field Guide.

18- Yield Response to Water (1979): Irrigation and Drainage Paper. No. 33. FAO, Rome.

19- Yoshida, Sh. (1981): Fundamentals of Rice Crop Science. Theintern Rice Inst. Philippines.

20- Yukawa, K. and Y, Inove (1979): Irrigation Water Management, No. 12. UIATC. GICA.