

طرح و آزمایشات کشاورزی

محمود عزتی

فصل یک

۱- معیارهای هم‌گرایی و واگرایی

۱-۱- مقدمه

به‌طور کلی، در طرح آزمایش‌ها به طراحی آزمایش‌ها در شرایط گوناگون و تجزیه و تحلیل مشاهده‌های به‌دست آمده بر اساس روش‌های آماری پرداخته می‌شود. در بیشتر آزمایش‌ها اثر برخی از عوامل بر صفات گوناگون مورد بررسی قرار می‌گیرند، برای نمونه، بررسی اثر سطوح مختلف انرژی جیره بر عملکرد جوجه‌های گوشتی، اثر طول مدت روشنایی بر توانایی تخم‌گذاری مرغان تخم‌گذار، اثر غلظت الیاف جیره بر درصد چربی شیر گاوهای شیری، اثر تزریق سطوح مختلف یک هورمون بر توانایی تولید مثل گوسفند و مانند آن‌ها از این گونه آزمایش‌ها هستند. از آنجا که طرح آزمایش‌ها بر پایه روش‌های آماری انجام می‌شود، پیش از آغاز بحث اصلی طرح آزمایش‌ها در علوم دامی، باید برخی از مباحث آمار یاد آوری شوند. در این فصل تلاش بر این است که برخی از تعریف‌ها و مباحث مربوط به معیارهای هم‌گرایی و واگرایی با زبان ساده یادآوری شوند.

۱-۲- آمار^۱

آمار دانشی است که به روش‌های جمع‌آوری مشاهدات و بیان آن‌ها به صورت اعداد، تجزیه و تحلیل اطلاعات جمع‌آوری شده و نتیجه‌گیری درباره کل اطلاعات، وقتی که بخشی از آن بررسی شده باشد، مربوط می‌شود. (بازرگان لاری، ۱۳۸۴)

۱-۳- متغیر^۲

متغیر، یک صفت یا ویژگی است که می‌تواند مقادیری را به خود اختصاص دهد و از فردی به فرد دیگر و گروهی به گروه دیگر متفاوت باشد. قد، وزن بدن، میزان تولید شیر، درصد تخم‌گذاری،

میزان فعالیت آنزیمی، رنگ بدن، تعداد بره در هر زایش و مانند آن‌ها، هر یک، نمونه‌ای از یک متغیر هستند. به‌طور کلی متغیرها را می‌توان به دو دسته کیفی^۱ و کمی^۲ تقسیم نمود.

۱-۳-۱- متغیرهای کیفی

متغیرهای کیفی متغیرهایی هستند که نشان دهنده کیفیت یا حالتی از فرد هستند. برای نمونه، از متغیرهای کیفی می‌توان به صفاتی مانند رنگ بدن، جنس (نر یا ماده)، حالت پر، شکل تاج و وجود یا عدم وجود شاخ اشاره نمود.

۱-۳-۲- متغیرهای کمی

متغیرهای کمی به متغیرهایی گفته می‌شود که قابل اندازه‌گیری هستند و به‌صورت عدد بیان می‌شوند. قد و وزن بدن، طول الیاف پشم، میزان تولید شیر، وزن تخم مرغ، درصد چربی شیر، تعداد نوزاد در هر زایش و صفاتی از این قبیل، از جمله‌ی متغیرهای کمی هستند. متغیرهای کمی، به‌نوبه خود به دو دسته متغیرهای کمی ناپیوسته و متغیرهای کمی پیوسته تقسیم‌بندی می‌شوند:

۱-۳-۲-الف- متغیرهای کمی ناپیوسته: به دسته‌ای از متغیرها گفته می‌شود که در آن‌ها داده‌ها

تنها می‌توانند مقادیر ویژه‌ای را داشته باشند. برای نمونه، تعداد نوزاد در هر زایش، تعداد تخم‌مرغ‌هایی که در یک دوره کلاچ گذاشته می‌شوند و تعداد تلقیح به‌ازای هر آبستنی از این جمله هستند.

۱-۳-۲-ب- متغیرهای کمی پیوسته: در این گروه از متغیرها، همه مقادیر عددی امکان‌پذیر

هستند و تنها، بسته به صفت، ممکن است از حدود بالا و پایین دارای محدودیت باشند. صفاتی مانند قد و وزن بدن، میزان تولید شیر، درصد پروتئین شیر، میزان مصرف خوراک و ضخامت تارهای پشم از این دسته هستند.

۱-۴- جامعه و نمونه

جامعه^۱ مجموعه افرادی است که حداقل در یک صفت مشترک باشند، جامعه گاوهای هلشتاین ایران، جامعه گوسفندان نژاد مهربان، جامعه ماهیان خاویاری دریای مازندران، جامعه جوجه‌های گوشتی سویه آرین، تخم‌مرغ‌های تولید شده به وسیله نژاد لگهورن و غیره، همگی مثال‌هایی از جامعه‌های گوناگون هستند. به فرایندی که در آن همه افراد جامعه رکوردگیری می‌شوند، در اصطلاح سرشماری گفته می‌شود. در بیشتر موارد به علت عدم امکان رکوردگیری همه افراد جامعه، به ناچار، گروهی از افراد جامعه انتخاب می‌شوند و از آن‌ها رکوردگیری به عمل می‌آید. این فرایند نمونه‌گیری است و مجموعه‌ی افراد انتخاب شده، در اصطلاح، نمونه^۲ نامیده می‌شود. برای مثال، اگر هدف، اندازه‌گیری وزن تولد بره‌های نژاد مهربان باشد، به علت نبود امکان اندازه‌گیری وزن تولد در جامعه بره‌های نژاد مهربان، می‌توان به ناچار، گروهی از بره‌های این نژاد را به عنوان یک نمونه انتخاب نمود و با اندازه‌گیری وزن تولد آن‌ها، وزن تولد نژاد مهربان را برآورد نمود. یادآوری این نکته لازم است که در هر نمونه‌گیری، دقت برآورد فراسنجه‌های جامعه با کمک نمونه، به عواملی مانند روش نمونه‌گیری، اندازه نمونه و ویژگی‌های پراکنش جامعه بستگی خواهد داشت. برای اطلاعات بیشتر در این زمینه می‌توانید به منابع دیگر مانند عمیدی (۱۳۷۸) مراجعه نمایید. به طور کلی، معیارهای کمی توصیف کننده جامعه «فراسنجه»^۳ و معیارهای کمی به دست آمده از نمونه «آماره»^۴ نامیده می‌شوند. در بسیاری از موارد، فراسنجه‌ها را با کمک حروف یونانی و آماره‌ها را با کمک حروف لاتین نشان می‌دهند. معیارهای توصیف کننده جامعه (فراسنجه‌ها) یا نمونه (آماره‌ها) را می‌توان به دو دسته معیارهای هم‌گرایی و معیارهای واگرایی تقسیم نمود.

۱-۵- معیارهای هم‌گرایی

معیارهای هم‌گرایی، شاخص‌هایی هستند که میزان هم‌گرایی یا مرکزیت داده‌های یک جمعیت یا نمونه را نشان می‌دهند. معیارهای هم‌گرایی شامل میانگین، میانه، نما و میان‌دامنه هستند.

فصل چهار

۴- کلیات و اصول طرح‌های آزمایشی

۴-۱- چند تعریف پایه

پیش از پرداختن به طرح آزمایش‌ها، لازم است که چند تعریف مهم فرا گرفته شوند.

۴-۱-۱- طرح آزمایشی^۱

طرح‌های آزمایشی الگوهایی هستند که برای انجام آزمایش در شرایط مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای نمونه، همان‌گونه که برای دوخت هر لباس، بسته به شرایط، از یک الگوی ویژه استفاده می‌شود، برای اجرای آزمایش‌ها نیز، در شرایط گوناگون از الگوی مناسب همان شرایط استفاده می‌شود که به آن الگو در اصطلاح، طرح آزمایشی گفته می‌شود.

۴-۱-۲- تیمار^۲

هر یک از عواملی که در یک پژوهش اثر آنها بر صفات گوناگون مورد بررسی قرار می‌گیرد تیمار نامیده می‌شود. برای نمونه، هنگام بررسی اثر سطوح مختلف انرژی جیره بر افزایش وزن جوجه‌های گوشتی، سطوح انرژی جیره تیمارها را تشکیل می‌دهند و در بررسی اثر سطح گوگرد جیره بر تولید پشم گوسفندان، هر یک از سطوح گوگرد جیره یک تیمار خواهند بود.

۴-۱-۳- ماده آزمایشی^۳

موجود یا وسیله‌ای که آزمایش روی آن انجام می‌گیرد، ماده آزمایشی نامیده می‌شود. برای نمونه، در بررسی اثر سطح ویتامین A بر تولید تخم مرغ در مرغهای لگهورن، مرغهای لگهورن ماده آزمایشی هستند و هر یک از سطوح ویتامین A یک تیمار خواهد بود. به همین گونه، در بررسی

اثر انواع اسیدهای آلی بر عملکرد جوجه‌های گوشتی، انواع اسیدهای آلی، تیمارها را تشکیل می‌دهند و جوجه‌های گوشتی ماده آزمایشی خواهند بود.

۴-۱-۴- واحد آزمایشی^۱

در آزمایش‌های مختلف، هر تیمار در چند تکرار بررسی می‌شود. برای نمونه، در مقایسه اثر چند نوع مکمل غذایی بر درصد چربی شیر، هر مکمل غذایی به چند گاو شیرده داده می‌شود تا آزمایش هر مکمل در چند گاو شیرده تکرار شود. در این حالت، کوچک‌ترین بخش ماده آزمایشی که در آن یک تیمار در یک تکرار مورد آزمایش قرار می‌گیرد، واحد آزمایشی نامیده می‌شود. برای نمونه، هنگامی که اثر سطح مواد خشبی جیره بر درصد چربی شیر گاوهای شیرده مورد بررسی قرار می‌گیرد، هر گاو شیرده یک واحد آزمایشی است.

در پژوهش‌های انجام شده در علوم دامی، در برخی از موارد، ممکن است مجموعه چند حیوان به عنوان یک واحد آزمایشی در نظر گرفته شود. برای نمونه، در بررسی اثر سطح پروتئین جیره بر تولید تخم مرغ، هر جیره به چند قفس از مرغهای تخم‌گذار داده می‌شود و از آنجا که هر سطح پروتئین در هر قفس یک بار تکرار می‌شود، هر قفس یک واحد آزمایشی خواهد بود. به همین گونه، در آزمایش‌های انجام شده روی جوجه‌های گوشتی، تعداد زیادی جوجه گوشتی در یک قفس بستری نگهداری می‌شوند. در چنین مواردی، مصرف خوراک، افزایش وزن و ضریب تبدیل غذایی همه جوجه‌های یک قفس به عنوان یک مشاهده در نظر گرفته می‌شود. از این روی، همه جوجه‌های موجود در یک قفس، یک تکرار را تشکیل می‌دهند. بنابراین، واحد آزمایشی ممکن است متشکل از یک گاو، یک گوسفند، ۳ قطعه مرغ تخم‌گذار یا ۲۰ قطعه جوجه گوشتی در یک قفس باشد.

۴-۱-۵- تکرار^۲

مجموعه واحدهای آزمایشی اختصاص یافته به هر تیمار را تکرارهای آن تیمار می‌گویند. برای نمونه، اگر هر تیمار به پنج واحد آزمایشی داده شده باشد، آن تیمار دارای پنج تکرار خواهد بود.

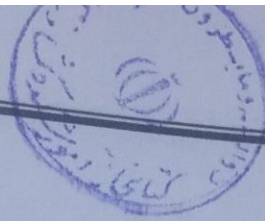
۴-۲- اشتباه آزمایشی^۱

به‌طور کلی، هر چه در اجرای آزمایش دقت و مراقبت انجام گیرد، باز هم بین مشاهدات مربوط به تکرارهای مختلف هر تیمار پراکندگی وجود خواهد داشت که علت آن نا برابر بودن اثر عوامل غیر قابل کنترل بر واحدهای آزمایشی است. این پراکندگی، اشتباه آزمایشی یا خطای آزمایشی نامیده می‌شود. به‌سختی دیگر، مجموعه عوامل غیر قابل کنترل که سبب ایجاد تفاوت بین تکرارهای یک تیمار می‌شوند اشتباه آزمایشی نامیده می‌شوند. برای نمونه، در آزمایشی که اثر چند نوع ماده افزودنی جیره روی جوجه‌های گوشتی مورد بررسی قرار می‌گیرد، به‌جز نوع ماده افزودنی (تیمار)، عوامل دیگری مانند موقعیت واحد آزمایشی در سالن، تفاوت ژنتیکی جوجه‌های موجود در واحدهای آزمایشی، تفاوت در تهویه قسمت‌های مختلف سالن، اشتباه اندازه‌گیری، تفاوت وزن اولیه جوجه‌ها و غیره نیز در مشاهده نهایی موثر هستند که مجموعه آن‌ها اشتباه آزمایشی را تشکیل می‌دهند.

به‌طور کلی، در هر آزمایش، احتمال بروز دو نوع اشتباه وجود دارد. اگر تیمارها تفاوت نداشته باشند و در اثر اشتباه آزمایشی، تفاوت تیمارها نتیجه گرفته شود، اشتباه آزمایشی نوع اول یا I یا α به وقوع پیوسته است و اگر تیمارها با هم برابر نباشند، ولی برابر بودن آن‌ها نتیجه گرفته شود، اشتباه انجام شده از نوع دوم یا II یا β بوده است. به‌سختی دیگر، اشتباه نوع اول اشتباه رد کردن یک فرض صفر درست و اشتباه نوع دوم، اشتباه در پذیرفتن فرض صفر اشتباه است (جدول ۱-۲). لازم به یادآوری است که در طرح آزمایش‌ها، فرض صفر (H_0)، فرض برابر بودن تیمارها و فرض یک (H_1)، فرض نابرابر بودن تیمارها می‌باشد.

همان‌گونه که در بخش ۲-۳ اشاره شد، احتمال رد شدن فرض صفر غلط $(1 - \beta)$ «توان آزمون» و احتمال قبول فرض صفر درست $1 - \alpha$ «سطح حفاظت» نامیده می‌شود.

در پژوهش‌های انجام شده در علوم کشاورزی معمولاً سطح اشتباه نوع اول برابر با ۰/۰۱ یا ۰/۰۵ در نظر گرفته می‌شود. هرچند که بسته به‌مورد، در برخی از پژوهش‌ها سطح ۰/۱۰ نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این‌گونه موارد سطح ۰/۱ به‌عنوان سطح متمایل به معنی‌دار در نظر گرفته می‌شود.



۳-۴- تعداد تکرار مورد نیاز

همان‌گونه که پیش‌تر اشاره شد، در هر پژوهش، هر یک از تیمارها در چند تکرار مورد آزمایش قرار می‌گیرد. به‌طور کلی اختصاص چند تکرار به هر تیمار به چند منظور انجام می‌شود (استیل و توری، ۱۹۸۰):

- ۱- فراهم ساختن زمینه لازم برای برآورد اشتباه آزمایشی
- ۲- افزایش دقت آزمایش به‌وسیله کاهش دادن خطای استاندارد میانگین تیمارها^۱ (SEM)
- ۳- افزایش آزادی عمل در آزمایش‌ها به‌وسیله فراهم ساختن امکان انتخاب و استفاده درست از واحدهای آزمایشی گوناگون
- ۴- کنترل اثر واریانس اشتباه آزمایشی

برای تعیین این‌که آیا تفاوت تیمارها معنی‌دار (واقعی) است یا اینکه به‌علت وجود تغییرات تصادفی در نمونه‌ها است، باید برآوردی از مقدار خطا انجام شود. اگر هر تیمار تنها به یک واحد آزمایشی اختصاص داده شود، تشخیص این‌که تفاوت تیمارها به‌علت وجود تفاوت واقعی بین تیمارها است یا این‌که ناشی از تفاوت ذاتی واحدهای آزمایشی می‌باشد، در عمل غیر ممکن خواهد بود. بنابراین، لازم است که هر تیمار در چند تکرار مورد آزمایش قرار گیرد. البته عوامل گوناگونی تعداد تکرار مورد نیاز را تحت تأثیر قرار می‌دهند:

یکی از مهمترین عوامل تعیین‌کننده تعداد تکرار مورد نیاز، سطح دقت مورد نظر در آزمایش است. به‌طور کلی، افزایش تعداد تکرار سبب افزایش میزان دقت در آزمایش می‌شود. بنابراین در آزمایش‌هایی که میزان دقت بالاتری مورد نیاز است، تعداد تکرار مورد نیاز برای هر تیمار نیز بالاتر خواهد بود.

میزان تنوع ذاتی ماده آزمایشی، یکی دیگر از عوامل تعیین‌کننده تعداد تکرار مورد نیاز است. هرچه میزان تفاوت‌های ذاتی در ماده آزمایشی بالاتر باشد، میزان خطای آزمایشی بالاتر است و در نتیجه، برای ثابت نگاه داشتن میزان دقت در سطح دلخواه، تعداد تکرار بیشتری مورد نیاز خواهد بود. برای نمونه، اگر گوسفندان انتخاب شده برای آزمایش دارای یکنواختی بالایی باشند، تعداد تکرار کمتری مورد نیاز است، درحالی‌که برای اجرای آزمایش روی گوسفندان دارای تفاوت‌های بالا، تعداد تکرار بیشتری نیز مورد نیاز خواهد بود. به‌همین صورت، تعداد تکرار مورد نیاز، هنگام

فصل هفت

۷- طرح بلوک‌های کامل تصادفی^۱

۷-۱- مقدمه

همان‌گونه که در بخش ۵-۱ اشاره شد، یکسان بودن واحدهای آزمایشی از شرایط لازم برای اجرای طرح‌های کاملاً تصادفی است. اما در برخی از موارد، واحدهای آزمایشی یکسان نیستند و ممکن است که بین آنها تغییرات یک‌سویه وجود داشته باشد. برای نمونه، در سالن‌های پرورش جوجه گوشتی که هواکش‌ها در یک سو و هواده‌ها در سوی دیگر قرار دارند، ممکن است که میزان اکسیژن و آمونیاک در همه جای سالن یکنواخت نباشد. همچنین، اگر بخاری در یک سوی سالن باشد، امکان تغییرات دمای سالن از یک سو به سوی دیگر وجود دارد. در مواردی که چند تیمار در گاوهای شیرده آزمایش می‌شوند، ممکن است که گاوها در دوره‌های شیردهی متفاوتی باشند. در چنین مواردی که به جز تیمار، عامل شناخته شده دیگری نیز سبب ایجاد تغییرات بین واحدهای آزمایشی می‌شود، از طرحی به نام بلوک‌های کامل تصادفی (RCBD) استفاده می‌شود.

به طور کلی، طرح بلوک‌های کامل تصادفی هنگامی مورد استفاده قرار می‌گیرد که امکان دسته‌بندی واحدهای آزمایشی وجود داشته باشد، به‌گونه‌ای که در هر دسته واحدهای آزمایشی مشابه و یکنواخت باشند. در چنین مواردی، هر یک از این دسته‌ها را یک بلوک می‌نامند. به‌عبارت دیگر، بلوک بخشی از ماده آزمایشی یا تعدادی از واحدهای آزمایشی است که دارای شرایط یکسان هستند. بنابر این، بلوک‌ها باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که ماده آزمایشی در هر یک از آنها بیشترین یکنواختی را داشته باشد (شکل ۷-۱). طرح بلوک‌های کامل تصادفی امکان محاسبه مقدار پراکنش ناشی از عدم یکنواختی ماده آزمایشی و تعیین مقادیر دقیق‌تر اثرات تیمارها و خطای آزمایشی را فراهم می‌سازد.

برای اجرای طرح بلوک‌های کامل تصادفی، ابتدا جهت تغییرات در واحدهای آزمایشی تعیین شده، سپس در جهت تغییرات، بلوک‌بندی انجام می‌شود. در طرح بلوک‌های کامل تصادفی، تیمارها طوری به واحدهای آزمایشی اختصاص می‌یابند که در هر بلوک از تیمارها