

Metodologia sperimentale per le scienze agrarie

Andrea Onofri e Dario Sacco

Update: v. 1.0 (15/03/2021), compil. 2021-04-07

Indice

Premessa	9
Obiettivi	9
Organizzazione	9
Software statistico	9
The authors	9
Ringraziamenti	9
 1 Scienza e pseudo-scienza	 10
1.1 Scienza = dati	12
1.2 Dati ‘buoni’ e ‘cattivi’	12
1.3 Dati ‘buoni’ e metodi ‘buoni’	12
1.4 Il principio di falsificazione	12
1.5 Falsificare un risultato	12
1.6 Elementi fondamentali del disegno sperimentale	12
1.6.1 Controllo degli errori	12
1.6.2 Replicazione	12
1.6.3 Randomizzazione	12
1.6.4 Esperimenti invalidi	12
1.7 Chi valuta se un esperimento è attendibile?	12
1.8 Conclusioni	12
1.9 Altre letture	12
 2 Progettare un esperimento	 13
2.1 Gli elementi della ricerca	15
2.2 Ipotesi scientifica → obiettivo dell’esperimento	15
2.3 Identificazione dei fattori sperimentali	15
2.3.1 Esperimenti (multi-)fattoriali	15
2.3.2 Controllo o testimone	15
2.4 Le unità sperimentali	15
2.5 Allocazione dei trattamenti	15

2.6	Le variabili sperimentali	15
2.6.1	Variabili nominali (categoriche)	15
2.6.2	Variabili ordinali	15
2.6.3	Variabili quantitative discrete	15
2.6.4	Variabili quantitative continue	15
2.6.5	Rilievi visivi e sensoriali	15
2.6.6	Variabili di confondimento	15
2.7	Esperimenti di campo	15
2.7.1	Scegliere il campo	15
2.7.2	Le unità sperimentali in campo	15
2.7.3	Numero di repliche	15
2.7.4	La mappa di campo	15
2.7.5	Lay-out sperimentale	15
2.8	Altre letture	15
3	Richiami di statistica descrittiva	16
3.1	Dati quantitativi	17
3.1.1	Indicatori di tendenza centrale	17
3.1.2	Indicatori di dispersione	17
3.1.3	Incertezza delle misure derivate	17
3.1.4	Relazioni tra variabili quantitative: correlazione	17
3.2	Dati qualitativi	17
3.2.1	Distribuzioni di frequenze e classamento	17
3.2.2	Statistiche descrittive per le distribuzioni di frequenze	17
3.2.3	Distribuzioni di frequenza bivariate: le tabelle di con- tingenze	17
3.2.4	Connessione	17
3.3	Statistiche descrittive con R	17
3.3.1	Descrizione dei sottogruppi	17
3.3.2	Distribuzioni di frequenze e classamento	17
3.3.3	Connessione	17
3.4	Altre letture	17
4	Modelli statistici ed analisi dei dati	18
4.1	Verità ‘vera’ e modelli deterministici	19
4.2	Genesi deterministica delle osservazioni sperimentali	19
4.3	Errore sperimentale e modelli stocastici	19
4.3.1	Funzioni di probabilità	19
4.3.2	Funzioni di densità	19
4.3.3	La distribuzione normale (curva di Gauss)	19
4.4	Modelli ‘a due facce’	19

4.5	E allora?	19
4.6	Le simulazioni Monte Carlo	19
4.7	Analisi dei dati e ‘model fitting’	19
4.8	Modelli stocastici non-normali	19
4.9	Altre letture	19
5	Stime ed incertezza	20
5.1	Esempio: una soluzione erbicida	22
5.1.1	Analisi dei dati: stima dei parametri	22
5.1.2	La ‘sampling distribution’	22
5.1.3	L’errore standard	22
5.2	Stima per intervallo	22
5.3	L’intervallo di confidenza	22
5.4	Qual è il senso dell’intervallo di confidenza?	22
5.5	Come presentare i risultati degli esperimenti	22
5.6	Alcune precisazioni	22
5.6.1	Campioni numerosi e non	22
5.6.2	Popolazioni gaussiane e non	22
5.7	Analisi statistica dei dati: riassunto del percorso logico	22
5.8	Da ricordare	22
5.9	Per approfondire un po’...	22
5.10	Coverage degli intervalli di confidenza	22
5.10.1	Intervalli di confidenza per fenomeni non-normali	22
5.10.2	Altre letture	22
6	Decisioni ed incertezza	23
6.1	Confronto tra due medie: il test t di Student	24
6.1.1	L’ipotesi nulla e alternativa	24
6.1.2	La statistica T	24
6.1.3	Simulazione Monte Carlo	24
6.1.4	Soluzione formale	24
6.1.5	Interpretazione del P-level	24
6.1.6	Tipologie alternative di test t di Student	24
6.2	Confronto tra due proporzioni: il test χ^2	24
6.2.1	Simulazione Monte Carlo	24
6.2.2	Soluzione formale	24
6.3	Conclusioni e riepilogo	24
6.4	Altre letture	24
7	Modelli ANOVA ad una via	25
7.1	Caso-studio: confronto tra erbicidi in vaso	27

7.2	Descrizione del dataset	27
7.3	Definizione di un modello lineare	27
7.4	Assunzioni di base	27
7.5	Fitting del modello: metodo manuale	27
7.5.1	Stima dei parametri	27
7.5.2	Calcolo dei residui	27
7.5.3	Stima di σ	27
7.6	Scomposizione della varianza	27
7.7	Test d'ipotesi	27
7.7.1	Inferenza statistica	27
7.8	Fitting del modello con R	27
7.9	Medie marginali attese	27
7.10	Per concludere	27
7.11	Per approfondire un po'...	27
7.11.1	Simulazione della <i>sampling distribution</i> per F	27
7.11.2	Altre letture	27
8	La verifica delle assunzioni di base	28
8.1	Procedure diagnostiche	29
8.2	Analisi grafica dei residui	29
8.2.1	Grafico dei residui contro i valori attesi	29
8.2.2	QQ-plot	29
8.3	Strumenti diagnostici formali	29
8.4	Risultati contraddittori	29
8.5	'Terapia'	29
8.5.1	Correzione/Rimozione degli outliers	29
8.5.2	Correzione del modello	29
8.5.3	Trasformazione della variabile indipendente	29
8.5.4	Impiego di metodiche statistiche avanzate	29
8.5.5	Trasformazioni stabilizzanti	29
8.6	Esempio	29
8.7	Per approfondire un po'	29
9	Contrasti e confronti multipli	30
9.1	Esempio	32
9.2	I contrasti	32
9.2.1	Varianza del contrasto e test d'ipotesi	32
9.2.2	I contrasti con R	32
9.3	I confronti multipli a coppie (pairwise comparisons)	32
9.4	Display a lettere	32

9.5	Problemi di molteplicità: tassi di errore per confronto e per esperimento	32
9.5.1	Correzione per la molteplicità	32
9.6	E le classiche procedure di confronto multiplo?	32
9.7	Consigli pratici	32
9.8	Per approfondire un po'...	32
9.8.1	Intervallo di confidenza di un contrasto	32
9.8.2	Correzione per la molteplicità: qualche dettaglio ulteriore	32
9.8.3	Altre letture	32
10	Modelli ANOVA con fattori di blocco	33
10.1	Caso-studio: confronto tra erbicidi in campo	34
10.2	Definizione di un modello lineare	34
10.3	Stima dei parametri	34
10.3.1	Coefficienti del modello	34
10.3.2	Residui e devianze	34
10.4	Scomposizione della varianza	34
10.5	Disegni a quadrato latino	34
10.6	Caso studio: confronto tra metodi costruttivi	34
10.7	Definizione di un modello lineare	34
11	Modelli ANOVA a due vie	35
11.1	Il concetto di 'interazione'	36
11.2	Tipi di interazione	36
11.3	Caso-studio: interazione tra lavorazioni e diserbo chimico . . .	36
11.4	Definizione del modello lineare	36
11.5	Stima dei parametri	36
11.6	Verifica delle assunzioni di base	36
11.7	Scomposizione delle varianze	36
11.8	Medie marginali attese	36
11.9	Calcolo degli errori standard (SEM e SED)	36
11.10	Medie marginali attese e confronti multipli con R	36
11.11	Per approfondire un po'....	36
11.11.1	Anova a due vie: scomposizione 'manuale' della varianza	36
12	La regressione lineare semplice	37
12.1	Caso studio: effetto della concimazione azotata al frumento . .	38
12.2	Analisi preliminari	38
12.3	Definizione del modello lineare	38
12.4	Stima dei parametri	38
12.5	Valutazione della bontà del modello	38

12.5.1	Valutazione grafica	38
12.5.2	Errori standard dei parametri	38
12.5.3	Test F per la mancanza d'adattamento	38
12.5.4	Test F per la bontà di adattamento e coefficiente di determinazione	38
12.6	Previsioni	38
12.7	Per approfondire un po'...	38
13	La regressione non-lineare	39
13.1	Caso studio: degradazione di un erbicida nel terreno	41
13.2	Scelta della funzione	41
13.3	Stima dei parametri	41
13.3.1	Linearizzazione della funzione	41
13.3.2	Approssimazione della vera funzione tramite una poli- nomiale in X	41
13.3.3	Minimi quadrati non-lineari	41
13.4	La regressione non-lineare con R	41
13.5	Verifica della bontà del modello	41
13.5.1	Analisi grafica dei residui	41
13.5.2	Test F per la mancanza di adattamento (approssimato)	41
13.5.3	Errori standard dei parametri	41
13.5.4	Coefficienti di determinazione	41
13.6	Funzioni lineari e nonlineari dei parametri	41
13.7	Previsioni	41
13.8	Gestione delle situazioni 'patologiche'	41
13.8.1	Trasformazione del modello	41
13.8.2	Trasformazione dei dati	41
13.9	Per approfondire un po'...	41
13.9.1	Riparametrizzazione delle funzioni non-lineari	41
13.9.2	Altre letture	41
14	Esercizi	42
14.1	Capitoli 1 e 2	42
14.1.1	Esercizio 1	42
14.2	Capitolo 3	43
14.2.1	Esercizio 1	43
14.2.2	Esercizio 2	43
14.2.3	Esercizio 3	43
14.3	Capitolo 4	43
14.3.1	Esercizio 1	43
14.3.2	Esercizio 2	44

14.3.3	Esercizio 3	44
14.3.4	Esercizio 4	44
14.3.5	Esercizio 5	45
14.3.6	Esercizio 6	45
14.3.7	Esercizio 7	45
14.3.8	Esercizio 8	45
14.4	Capitolo 5	46
14.4.1	Esercizio 1	46
14.4.2	Esercizio 2	46
14.4.3	Esercizio 3	46
14.4.4	Esercizio 4	46
14.4.5	Esercizio 5	47
14.5	Capitolo 6	47
14.5.1	Esercizio 1	47
14.5.2	Esercizio 2	48
14.5.3	Esercizio 3	48
14.5.4	Esercizio 4	48
14.5.5	Esercizio 5	49
14.5.6	Esercizio 6	49
14.5.7	Esercizio 7	49
14.5.8	Esercizio 8	50
14.6	Capitoli da 7 a 9	50
14.6.1	Esercizio 1	50
14.6.2	Esercizio 2	51
14.6.3	Esercizio 3	51
14.6.4	Esercizio 4	52
14.7	Capitolo 10	53
14.7.1	Esercizio 1	53
14.7.2	Esercizio 2	53
14.7.3	Esercizio 3	54
14.8	Capitoli 11 e 12	55
14.8.1	Esercizio 1	55
14.8.2	Esercizio 2	56
14.8.3	Esercizio 3	56
14.8.4	Esercizio 4	57
14.8.5	Esercizio 5	58
14.8.6	Esercizio 6	58
14.9	Capitolo 13	59
14.9.1	Esercizio 1	59
14.9.2	Esercizio 2	60
14.10	Capitolo 14	61

14.10.1 Esercizio 1	61
14.10.2 Esercizio 2	61
14.10.3 Esercizio 3	62
14.10.4 Esercizio 4	63
14.10.5 Esercizio 5	63
14.10.6 Esercizio 6	64
14.10.7 Esercizio 7	65
15 Appendice 1: breve introduzione ad R	67
Cosa è R?	68
Oggetti e assegnazioni	68
Costanti e vettori	68
Matrici	68
Dataframe	68
Quale oggetto sto utilizzando?	68
Operazioni ed operatori	68
Funzioni ed argomenti	68
Consigli per l'immissione di dati sperimentali	68
Immissione di numeri progressivi	68
Immissione dei codici delle tesi e dei blocchi	68
Immissione dei valori e creazione del dataframe	68
Leggere e salvare dati esterni	68
Alcune operazioni comuni sul dataset	68
Selezionare un subset di dati	68
Ordinare un vettore o un dataframe	68
Workspace	68
Script o programmi	68
Interrogazione di oggetti	68
Altre funzioni matriciali	68
Cenni sulle funzionalità grafiche in R	68
Altre letture	68

Premessa

Placeholder

Obiettivi

Organizzazione

Software statistico

The authors

Ringraziamenti

Capitolo 1

Scienza e pseudo-scienza

Placeholder

1.1 Scienza = dati

1.2 Dati ‘buoni’ e ‘cattivi’

1.3 Dati ‘buoni’ e metodi ‘buoni’

1.4 Il principio di falsificazione

1.5 Falsificare un risultato

1.6 Elementi fondamentali del disegno sperimentale

1.6.1 Controllo degli errori

1.6.2 Replicazione

1.6.3 Randomizzazione

1.6.4 Esperimenti invalidi

Cattivo controllo degli errori

‘Confounding’ e correlazione spuria

Pseudo-repliche e randomizzazione poco attenta

1.7 Chi valuta se un esperimento è attendibile?

1.8 Conclusioni

1.9 Altre letture

Capitolo 2

Progettare un esperimento

Placeholder

2.1 Gli elementi della ricerca

2.2 Ipotesi scientifica → obiettivo dell'esperimento

2.3 Identificazione dei fattori sperimentali

2.3.1 Esperimenti (multi-)fattoriali

2.3.2 Controllo o testimone

2.4 Le unità sperimentali

2.5 Allocazione dei trattamenti

2.6 Le variabili sperimentali

2.6.1 Variabili nominali (categoriche)

2.6.2 Variabili ordinali

2.6.3 Variabili quantitative discrete

2.6.4 Variabili quantitative continue

2.6.5 Rilievi visivi e sensoriali

2.6.6 Variabili di confondimento

2.7 Esperimenti di campo

2.7.1 Scegliere il campo

2.7.2 Le unità sperimentali in campo

2.7.3 Numero di repliche

2.7.4 La mappa di campo

2.7.5 Lay-out sperimentale

Capitolo 3

Richiami di statistica descrittiva

Placeholder

3.1 Dati quantitativi

3.1.1 Indicatori di tendenza centrale

3.1.2 Indicatori di dispersione

3.1.3 Incertezza delle misure derivate

3.1.4 Relazioni tra variabili quantitative: correlazione

3.2 Dati qualitativi

3.2.1 Distribuzioni di frequenze e classamento

3.2.2 Statistiche descrittive per le distribuzioni di frequenze

3.2.3 Distribuzioni di frequenza bivariate: le tabelle di contingenze

3.2.4 Connessione

3.3 Statistiche descrittive con R

3.3.1 Descrizione dei sottogruppi

3.3.2 Distribuzioni di frequenze e classamento

3.3.3 Connessione

3.4 Altre letture

Capitolo 4

Modelli statistici ed analisi dei dati

Placeholder

- 4.1 Verità ‘vera’ e modelli deterministici
- 4.2 Genesi deterministica delle osservazioni sperimentali
- 4.3 Errore sperimentale e modelli stocastici
 - 4.3.1 Funzioni di probabilità
 - 4.3.2 Funzioni di densità
 - 4.3.3 La distribuzione normale (curva di Gauss)
- 4.4 Modelli ‘a due facce’
- 4.5 E allora?
- 4.6 Le simulazioni Monte Carlo
- 4.7 Analisi dei dati e ‘model fitting’
- 4.8 Modelli stocastici non-normali
- 4.9 Altre letture

Capitolo 5

Stime ed incertezza

Placeholder

5.1 Esempio: una soluzione erbicida

5.1.1 Analisi dei dati: stima dei parametri

5.1.2 La ‘sampling distribution’

5.1.3 L’errore standard

5.2 Stima per intervallo

5.3 L’intervallo di confidenza

5.4 Qual è il senso dell’intervallo di confidenza?

5.5 Come presentare i risultati degli esperimenti

5.6 Alcune precisazioni

5.6.1 Campioni numerosi e non

5.6.2 Popolazioni gaussiane e non

5.7 Analisi statistica dei dati: riassunto del percorso logico

5.8 Da ricordare

5.9 Per approfondire un po’...

5.10 *Coverage* degli intervalli di confidenza

5.10.1 Intervalli di confidenza per fenomeni non-normali

5.10.2 Altre letture

Capitolo 6

Decisioni ed incertezza

Placeholder

6.1 Confronto tra due medie: il test t di Student

6.1.1 L'ipotesi nulla e alternativa

6.1.2 La statistica T

6.1.3 Simulazione Monte Carlo

6.1.4 Soluzione formale

6.1.5 Interpretazione del P-level

6.1.6 Tipologie alternative di test t di Student

6.2 Confronto tra due proporzioni: il test χ^2

6.2.1 Simulazione Monte Carlo

6.2.2 Soluzione formale

6.3 Conclusioni e riepilogo

6.4 Altre letture

Capitolo 7

Modelli ANOVA ad una via

Placeholder

- 7.1 Caso-studio: confronto tra erbicidi in vaso
- 7.2 Descrizione del dataset
- 7.3 Definizione di un modello lineare
- 7.4 Assunzioni di base
- 7.5 Fitting del modello: metodo manuale
 - 7.5.1 Stima dei parametri
 - 7.5.2 Calcolo dei residui
 - 7.5.3 Stima di σ
- 7.6 Scomposizione della varianza
- 7.7 Test d'ipotesi
 - 7.7.1 Inferenza statistica
- 7.8 Fitting del modello con R
- 7.9 Medie marginali attese
- 7.10 Per concludere ...
- 7.11 Per approfondire un po'...
 - 7.11.1 Simulazione della *sampling distribution* per F
 - 7.11.2 Altre letture

Capitolo 8

La verifica delle assunzioni di base

Placeholder

8.1 Procedure diagnostiche

8.2 Analisi grafica dei residui

8.2.1 Grafico dei residui contro i valori attesi

8.2.2 QQ-plot

8.3 Strumenti diagnostici formali

8.4 Risultati contraddittori

8.5 ‘Terapia’

8.5.1 Correzione/Rimozione degli outliers

8.5.2 Correzione del modello

8.5.3 Trasformazione della variabile indipendente

8.5.4 Impiego di metodiche statistiche avanzate

8.5.5 Trasformazioni stabilizzanti

8.6 Esempio

8.7 Per approfondire un po’ ...

Capitolo 9

Contrasti e confronti multipli

Placeholder

9.1 Esempio

9.2 I contrasti

9.2.1 Varianza del contrasto e test d'ipotesi

9.2.2 I contrasti con R

9.3 I confronti multipli a coppie (pairwise comparisons)

9.4 Display a lettere

9.5 Problemi di molteplicità: tassi di errore per confronto e per esperimento

9.5.1 Correzione per la molteplicità

9.6 E le classiche procedure di confronto multiplo?

9.7 Consigli pratici

9.8 Per approfondire un po'...

9.8.1 Intervallo di confidenza di un contrasto

9.8.2 Correzione per la molteplicità: qualche dettaglio ulteriore

9.8.3 Altre letture

Capitolo 10

Modelli ANOVA con fattori di blocco

Placeholder

10.1 Caso-studio: confronto tra erbicidi in campo

10.2 Definizione di un modello lineare

10.3 Stima dei parametri

10.3.1 Coefficienti del modello

10.3.2 Residui e devianze

10.4 Scomposizione della varianza

10.5 Disegni a quadrato latino

10.6 Caso studio: confronto tra metodi costruttivi

10.7 Definizione di un modello lineare

Capitolo 11

Modelli ANOVA a due vie

Placeholder

- 11.1 Il concetto di 'interazione'
- 11.2 Tipi di interazione
- 11.3 Caso-studio: interazione tra lavorazioni e diserbo chimico
- 11.4 Definizione del modello lineare
- 11.5 Stima dei parametri
- 11.6 Verifica delle assunzioni di base
- 11.7 Scomposizione delle varianze
- 11.8 Medie marginali attese
- 11.9 Calcolo degli errori standard (SEM e SED)
- 11.10 Medie marginali attese e confronti multipli con R
- 11.11 Per approfondire un po'....
 - 11.11.1 Anova a due vie: scomposizione 'manuale' della varianza

Capitolo 12

La regressione lineare semplice

Placeholder

12.1 Caso studio: effetto della concimazione azotata al frumento

12.2 Analisi preliminari

12.3 Definizione del modello lineare

12.4 Stima dei parametri

12.5 Valutazione della bontà del modello

12.5.1 Valutazione grafica

12.5.2 Errori standard dei parametri

12.5.3 Test F per la mancanza d'adattamento

12.5.4 Test F per la bontà di adattamento e coefficiente di determinazione

12.6 Previsioni

12.7 Per approfondire un po'...

Capitolo 13

La regressione non-lineare

Placeholder

13.1 Caso studio: degradazione di un erbicida nel terreno

13.2 Scelta della funzione

13.3 Stima dei parametri

13.3.1 Linearizzazione della funzione

13.3.2 Approssimazione della vera funzione tramite una polinomiale in X

13.3.3 Minimi quadrati non-lineari

13.4 La regressione non-lineare con R

13.5 Verifica della bontà del modello

13.5.1 Analisi grafica dei residui

13.5.2 Test F per la mancanza di adattamento (approssimato)

13.5.3 Errori standard dei parametri

13.5.4 Coefficienti di determinazione

13.6 Funzioni lineari e nonlineari dei parametri

13.7 Previsioni

13.8 Gestione delle situazioni ‘patologiche’

13.8.1 Trasformazione del modello

13.8.2 Trasformazione dei dati

13.9 Per approfondire un po’...

Capitolo 14

Esercizi

14.1 Capitoli 1 e 2

14.1.1 Esercizio 1

Vi è stata affidata una prova sperimentale per la taratura agronomica di un nuovo diserbante appartenente al gruppo chimico delle solfoniluree (AGRI-SULFURON), utilizzabile alla dose presumibile di 20 g/ha, per il diserbo di post-emergenza del mais. Gli obiettivi della prova sono:

1. Valutare se è opportuno un certo aggiustamento della dose (incremento/diminuzione)
2. Valutare se è opportuna l'aggiunta di un bagnante non-ionico
3. Valutare se è opportuno splittare la dose di 20 g/ha in due distribuzioni
4. Valutare l'efficacia del nuovo diserbante con gli opportuni controlli (testimoni)

Coerentemente con questi obiettivi, scrivere un protocollo sperimentale sufficientemente dettagliato (una pagina) ed aggiungere lo schema della prova

14.2 Capitolo 3

14.2.1 Esercizio 1

Un'analisi chimica è stata eseguita i triplicato e i risultati sono stati i seguenti: 125, 169 and 142 ng/g. Calcolate la media e tutti gli indicatori di variabilità che conoscete.

14.2.2 Esercizio 2

Considerate il file EXCEL 'rimsulfuron.xlsx,' che può essere scaricato da questo link. In questo file sono riportati i risultati di un esperimento con 15 trattamenti e 4 repliche, nel quale sono stati posti a confronti diversi erbicidi e/o dosi per il diserbo nel mais. Calcolare le medie produttive ottenute con le diverse tesi sperimentali e riportarle su un grafico, includendo anche un'indicazione di variabilità. Verificare se la produzione è correlata con l'altezza delle piante e commentare i risultati ottenuti. Il file può essere scaricato

14.2.3 Esercizio 3

Caricare il datasets 'students' disponibile al link: 'https://www.casaonofri.it/_datasets/students.csv.' In questo file potete trovare una database relativo alla valutazione degli studenti in alcune materie del primo anno di Agraria. Ogni record rappresenta un esame, con il relativo voto, la materia e la scuola di provenienza dello studente. Con un uso appropriato delle tabelle di contingenza e del chi quadro, valutare se il voto dipende dalla materia e dalla scuola di provenienza dello studente.

14.3 Capitolo 4

14.3.1 Esercizio 1

E' data una distribuzione normale con $\mu = 23$ e $\sigma = 1$. Calcolare la probabilità di estrarre individui:

1. maggiori di 25
2. minori di 21
3. compresi tra 21 e 25

14.3.2 Esercizio 2

E' data una distribuzione normale con $\mu = 156$ e $\sigma = 13$. Calcolare la probabilità di estrarre individui:

1. maggiori di 170
2. minori di 140
3. compresi tra 140 e 170

14.3.3 Esercizio 3

Un erbicida si degrada nel terreno seguendo una cinetica del primo ordine:

$$Y = 100 e^{-0.07 t}$$

dove Y è la concentrazione al tempo t. Dopo aver spruzzato questo erbicida, che probabilità abbiamo di osservare, dopo 50 giorni, una concentrazione sotto la soglia di tossicità per i mammiferi (2 ng/g)? Tenere conto che lo strumento di misura produce un coefficiente di variabilità del 20%

14.3.4 Esercizio 4

Un erbicida si degrada nel terreno seguendo una cinetica del primo ordine:

$$Y = 100 e^{-0.07 t}$$

dove Y è la concentrazione al tempo t. Dopo aver spruzzato questo erbicida, che probabilità abbiamo che dopo 50 giorni la concentrazione si sia abbassata al disotto della soglia di tossicità per i mammiferi (2 ng/g)? Tenere conto che lo strumento di misura produce un coefficiente di variabilità del 20%

14.3.5 Esercizio 5

Una coltura produce in funzione della sua fittezza, secondo la seguente relazione:

$$Y = 8 + 8X - 0.07X^2$$

Stabilire la fittezza necessaria per ottenere il massimo produttivo (graficamente o analiticamente). Valutare la probabilità di ottenere una produzione compresa tra 180 e 200 q/ha, seminando alla fittezza ottimale. Considerare che la variabilità stocastica è del 12%.

14.3.6 Esercizio 6

La tossicità di un insetticida varia con la dose, secondo la legge log-logistica:

$$Y = \frac{1}{1 + \exp\{-2[\log(X) - \log(15)]\}}$$

Dove Y è la proporzione di animali morti e X è la dose. Se trattiamo 150 insetti con una dose pari a 35 g, qual è la probabilità di trovare più di 120 morti? Considerare che la risposta è variabile da individuo ad individuo nella popolazione e questa variabilità può essere approssimata utilizzando una distribuzione gaussiana con un errore standard pari a 10.

14.3.7 Esercizio 7

Simulare i risultati di un esperimento varietale, con sette varietà di frumento e quattro repliche. Considerare che il modello deterministico è un modello ANOVA, nel quale vengono definite le medie delle sette varietà (valori attesi). Decidere autonomamente sui parametri da impiegare per la simulazione (da μ_1 a μ_7 e σ)

14.3.8 Esercizio 8

Considerando il testo dell'esercizio 5, simulare un esperimento in cui l'insetticida viene utilizzato a cinque dosi crescenti, con quattro repliche.

14.4 Capitolo 5

14.4.1 Esercizio 1

In un campo di frumento sono state campionate trenta aree di saggio di un metro quadrato ciascuna, sulle quali è stata determinata la produzione. La media delle trenta aree è stata di 6.2 t/ha, con una varianza pari a 0.9. Stimare la produzione dell'intero appezzamento.

14.4.2 Esercizio 2

Siamo interessati a conoscere il contenuto medio di nitrati dei pozzi della media valle del Tevere. Per questo organizziamo un esperimento, durante il quale campioniamo 20 pozzi rappresentativi, riscontrando le seguenti concentrazioni:

38.3 38.6 38.1 39.9 36.3 41.6 37.0 39.8 39.1 35.0 38.1 37.4 38.3 34.8 40.4 39.3
37.0 38.7 38.2 38.4

Stimare la concentrazione media per l'intera valle del Tevere

14.4.3 Esercizio 3

E' stata impostata una prova sperimentale per confrontare due varietà di mais, con uno schema sperimentale a blocchi randomizzati con tre repliche. La prima varietà ha mostrato produzioni di 14, 12, 15 e 13 t/ha, mentre la seconda varietà ha mostrato produzioni pari a 12, 11, 10.5 e 13 t/ha. Stimare le produzioni medie delle due varietà, nell'ambiente di studio.

14.4.4 Esercizio 4

Un campione di 400 insetti a cui è stato somministrato un certo insetticida mostra che 136 di essi sono sopravvissuti. Determinare un intervallo di confidenza con grado di fiducia del 95% per la proporzione della popolazione insensibile al trattamento.

14.4.5 Esercizio 5

È stata studiata la risposta produttiva del sorgo alla concimazione azotata. I dati ottenuti sono:

Dose	Yield
0	1.26
30	2.50
60	3.25
90	4.31
120	5.50

Assumendo che la relazione sia lineare (retta), stimare la pendenza e l'intercetta della popolazione di riferimento, dalla quale è stato estratto il campione in studio. Utilizzare la funzione `lm(Yield ~ Dose)` ed estrarre gli errori standard con il metodo `summary()`.

14.5 Capitolo 6

14.5.1 Esercizio 1

Uno sperimentatore ha impostato un esperimento verificare l'effetto di un fungicida (A) in confronto al testimone non trattato (B), in base al numero di colonie fungine sopravvissute. Il numero delle colonie trattate è di 200, mentre il numero di quelle non trattate è di 100. Le risposte (frequenze) sono come segue:

	Morte	Sopravvissute
A	180	20
B	50	50

Stabilire se i risultati possono essere considerati significativamente diversi, per un livello di probabilità del 5%

14.5.2 Esercizio 2

Uno sperimentatore ha impostato un esperimento per confrontare due tesi sperimentali (A, B). I risultati sono i seguenti (in q/ha):

A	B
9.3	12.6
10.2	12.3
9.7	12.5

Stabilire se i risultati per le tre tesi sperimentali possono essere considerati significativamente diversi, per un livello di probabilità del 5%.

14.5.3 Esercizio 3

Uno sperimentatore ha impostato un esperimento per confrontare se l'effetto di un fungicida è significativo, in un disegno sperimentale con tre ripetizioni. Con ognuna delle due opzioni di trattamento i risultati produttivi sono i seguenti (in t/ha):

A	NT
65	54
71	51
6.8	59

E' significativo l'effetto del trattamento fungicida sulla produzione, per un livello di probabilità di errore del 5%?

14.5.4 Esercizio 4

Immaginate di aver riscontrato che, in determinate condizioni ambientali, 60 olive su 75 sono attaccate da *Daucus oleae* (mosca dell'olivo). Nelle stesse condizioni ambientali, diffondendo in campo un insetto predatore siamo riusciti a ridurre il numero di olive attaccate a 12 su 75. Si tratta di una oscillazione casuale del livello di attacco o possiamo concludere che l'insetto predatore è stato un mezzo efficace di lotta biologica alla mosca dell'olivo?

14.5.5 Esercizio 5

In un ospedale, è stata misurata la concentrazione di colesterolo nel sangue di otto pazienti, prima e dopo un trattamento medico. Per ogni paziente, sono stati analizzati due campioni, ottenendo le seguenti concentrazioni:

Paziente	Prima	Dopo
1	167.3	166.7
2	186.7	184.2
3	107.0	104.9
4	214.5	205.3
5	149.5	148.5
6	171.5	157.3
7	161.5	149.4
8	243.6	241.5

Si può concludere che il trattamento medico è stato efficace?

14.5.6 Esercizio 6

I Q.I. di 16 studenti provenienti da un quartiere di una certa città sono risultati pari a:

90.31 112.63 101.93 121.47 111.37 100.37 106.80 101.57 113.25 120.76 88.58
107.53 102.62 104.26 95.06 104.88

Gli studenti provenienti da un'altra parte della stessa città hanno invece mostrato i seguenti Q.I.:

90.66 101.41 104.61 91.77 107.06 89.51 87.91 92.31 112.96 90.33 99.86 88.99
98.97 97.92

Esiste una differenza significativa tra i Q.I. dei due gruppi?

14.5.7 Esercizio 7

Viene estratto un campione di rondelle da una macchina in perfette condizioni di funzionamento. Lo spessore delle rondelle misurate è:

0.0451 0.0511 0.0478 0.0477 0.0458 0.0509 0.0446 0.0516 0.0458 0.0490

Dopo alcuni giorni, per determinare se la macchina sia ancora a punto, viene estratto un campione di 10 rondelle, il cui spessore medio risulta:

0.0502 0.0528 0.0492 0.0556 0.0501 0.0500 0.0498 0.0526 0.0517 0.0550

verificare se la macchina è ancora ben tarata, oppure necessita di revisione.

14.5.8 Esercizio 8

Sono stati osservati 153 calciatori registrando la dominanza della mano e quella del piede, ottenendo la tabella riportata qui di seguito. | piede.sx | piede.dx | mano sx | 26 | 11 | mano dx | 21 | 95 |

Esiste indipendenza tra la dominanza della mano e del piede?

14.6 Capitoli da 7 a 9

14.6.1 Esercizio 1

Un esperimento a randomizzazione completa relativo ad una prova varietale di frumento ha l'obiettivo di porre a confronto la produzione di 5 varietà. Le produzioni (in bushels per acre) osservate siano le seguenti:

Variety	1	2	3
A	32.4	34.3	37.3
B	20.2	27.5	25.9
C	29.2	27.8	30.2
D	12.8	12.3	14.8
E	21.7	24.5	23.4

Eseguire l'ANOVA, presentare i risultati e commentarli (esempio tratto da Le Clerg *et al.*, 1962)

14.6.2 Esercizio 2

Culture di tessuto di pomodoro sono state allevate su capsule Petri trattate con una diversa concentrazione di zuccheri, utilizzando cinque repliche. La crescita colturale è riportata in tabella

Control	Glucose	Fructose	Sucrose
45	25	28	31
39	28	31	37
40	30	24	35
45	29	28	33
42	33	27	34

Calcolare le medie ed eseguire l'ANOVA. Eseguire i test di confronto multiplo. Commentare i risultati.

14.6.3 Esercizio 3

E' stato impostato un test di durata su un impianto di riscaldamento, per verificare come la temperatura di esercizio influenza la durata del riscaldatore. Sono state testate 4 temperature, con sei repliche e, per ciascun riscaldatore, è stato rilevato il numero di ore prima della rottura. I risultati sono i seguenti:

Temp.	Hours to failure
1520	1953
1520	2135
1520	2471
1520	4727
1520	6134
1520	6314
1620	1190
1620	1286
1620	1550
1620	2125
1620	2557
1620	2845
1660	651

Temp.	Hours to failure
1660	837
1660	848
1660	1038
1660	1361
1660	1543
1708	511
1708	651
1708	651
1708	652
1708	688
1708	729

Valutare se la temperatura di esercizio influenizza significativamente la durata del riscaldatore

14.6.4 Esercizio 4

Un entomologo ha contato il numero di uova deposte da un lepidottero sulle foglie di tre varietà di tabacco, valutando 15 femmine per varietà. I risultati sono i seguenti:

Female	Field	Resistant	USDA
1	211	0	448
2	276	9	906
3	415	143	28
4	787	1	277
5	18	26	634
6	118	127	48
7	1	161	369
8	151	294	137
9	0	0	29
10	253	348	522
11	61	0	319
12	0	14	242
13	275	21	261
14	0	0	566
15	153	218	734

Eseguite l'ANOVA. Quali sono le assunzioni necessarie per l'ANOVA? Sono rispettate? Vi sono outliers? Calcolate SEM e SED in modo attendibile.

14.7 Capitolo 10

14.7.1 Esercizio 1

E' stato impostato un esperimento a blocchi randomizzati per confrontare sei tipi di irrigazione, in un aranceto della Spagna. I risultati sono i seguenti (in pounds per parcella):

Metodo	1	2	3	4	5
Goccia	438	413	375	127	320
Conche	413	398	348	112	297
Aspersione	346	334	281	43	231
Aspersione+goccia	335	321	267	33	219
Sommersione	403	380	336	101	293

Eseguire l'ANOVA. Quali sono le assunzioni necessarie per l'ANOVA? Sono rispettate? Calcolate SEM e SED ed eseguite il confronto multiplo. Qual è il metodo di irrigazione migliore?

14.7.2 Esercizio 2

E' stato impostato un esperimento di fertilizzazione secondo uno schema a blocchi randomizzati. I dati ottenuti sono i contenuti percentuali (moltiplicati per 100) in fosforo, in un campione di tessuti vegetali prelevato per parcella:

Trattamento	1	2	3	4	5
Non fertilizzato	5.6	6.1	5.3	5.9	7.4
50 lb N	7.3	NA	7.7	7.7	7.0
100 lb N	6.9	6	5.6	7.4	8.2
50 lb N + 75 lb P2O5	10.8	11.2	8.8	12.9	10.4

Trattamento	1	2	3	4	5
100 lb N + 75 lb P2O5	9.6	9.3	12	10.6	11.6

Eseguire l'ANOVA, considerando il dato mancante. Calcolare SEM e SED. Qual è il trattamento migliore? Aumentare il dosaggio di N senza P2O5 è conveniente? E in presenza di P2O5?

14.7.3 Esercizio 3

È stato condotto un esperimento a quadrato latino per valutare l'effetto di quattro diversi metodi di fertilizzazione. Sono stati osservati i seguenti risultati:

Fertiliser	Row	Column	Yield
A	1	1	104
B	1	2	114
C	1	3	90
D	1	4	140
A	2	4	134
B	2	3	130
C	2	1	144
D	2	2	174
A	3	3	146
B	3	4	142
C	3	2	152
D	3	1	156
A	4	2	147
B	4	1	160
C	4	4	160
D	4	3	163

Analizzate i dati e commentate i risultati ottenuti

14.8 Capitoli 11 e 12

14.8.1 Esercizio 1

La biologia di *Sorghum halepense* da rizoma mostra che il peso dei rizomi raggiunge un minimo intorno alla quarta foglia. Di conseguenza, eseguire un trattamento in quest'epoca dovrebbe minimizzare le possibilità di ripresa degli individui trattati, portando anche ad un certo risanamento del terreno. Tuttavia, ci si attende che gli effetti siano maggiori quando le piante provengono da rizomi più piccoli, con un minor contenuto di sostanze di riserva. Per affrontare questi argomenti è stata organizzata una prova in vaso, secondo un disegno a randomizzazione completa con quattro repliche. I risultati sono i seguenti:

Sizes ↓ / Timing →	2-3	4-5	6-7	8-9	3-4/8-9	Untreated
2-nodes	34.03	0.10	30.91	33.21	2.89	41.63
	22.31	6.08	35.34	43.44	19.06	22.96
	21.70	3.73	24.23	44.06	0.10	52.14
	14.90	9.15	28.27	35.34	0.68	59.81
4-nodes	42.19	14.86	52.34	39.06	8.62	68.15
	51.06	36.03	43.17	61.59	0.05	42.75
	43.77	21.85	57.28	48.89	0.10	57.77
	31.74	8.71	29.71	49.14	9.65	44.85
6-nodes	20.84	11.37	55.00	41.77	9.80	43.20
	26.12	2.24	28.46	37.38	0.10	40.68
	35.24	14.17	21.81	39.55	1.42	34.11
	13.32	23.93	60.72	48.37	6.83	32.21

Eseguite l'ANOVA. Verificate il rispetto delle assunzioni parametriche di base e, se necessario, trasformate i dati. Preparate una tabella per le medie marginali e le medie di cella ed aggiungete i rispettivi errori standard (SEMs). Ha senso considerare le medie marginali? Impostate un test di confronto multiplo per gli effetti significativi, coerentemente con la risposta alla domanda precedente.

14.8.2 Esercizio 2

Un agronomo ha organizzato un confronto varietale in favino, considerando due epoche di semina: autunnale e primaverile. E' stato utilizzato un disegno a blocchi randomizzati e a parcella suddivisa, con le epoche di semina nelle parcelle principali e le varietà nelle sub-parcelle. I risultati sono i seguenti:

Sowing Time	Genotype	1	2	3	4
Autum	Chiaro	4.36	4.00	4.23	3.83
	Collameno	3.01	3.32	3.27	3.40
	Palombino	3.85	3.85	3.68	3.98
	Scuero	4.97	3.98	4.39	4.14
	Sicania	4.38	4.01	3.94	2.99
	Vesuvio	3.94	4.47	3.93	4.21
Spring	Chiaro	2.76	2.64	2.25	2.38
	Collameno	2.50	1.79	1.57	1.77
	Palombino	2.24	2.21	2.50	2.05
	Scuero	3.45	2.94	3.12	2.69
	Sicania	3.24	3.60	3.16	3.08
	Vesuvio	2.34	2.44	1.71	2.00

Eseguite l'ANOVA. Verificate il rispetto delle assunzioni parametriche di base e, se necessario, trasformate i dati. Preparate una tabella per le medie marginali e le medie di cella ed aggiungete i rispettivi errori standard (SEMs). Ha senso considerare le medie marginali? Impostate un test di confronto multiplo per gli effetti significativi, coerentemente con la risposta alla domanda precedente.

14.8.3 Esercizio 3

Gli erbicidi mostrano sempre un certo grado di persistenza nel terreno. Di conseguenza, se la coltura fallisce subito dopo il diserbo, la scelta delle colture di sostituzione può essere condizionata dal diserbo già eseguito. Per questo motivo, è stato impostato un esperimento di pieno campo volto a valutare se tre erbicidi del mais (rimsulfuron, imazethapyr and primisulfuron) erano in grado di danneggiare quattro colture (soia, girasole, rapa e sorgo) seminate 20 giorni dopo il trattamento. Gli erbicidi sono stati distribuiti su terreno nudo, seguendo un disegno a blocchi randomizzati, su parcelle di elevate

dimensioni. Per ogni blocco, la semina è stata eseguita su strisce trasversali, perpendicolari ai trattamenti eseguiti (schema a strip-plot). I risultati sono i seguenti:

Herbicide	Block	sorghum	rape	soyabean	sunflower
Untreated	1	180	157	199	201
	2	236	111	257	358
	3	287	217	346	435
	4	350	170	211	327
Imazethapyr	1	47	10	193	51
	2	43	1	113	4
	3	0	20	187	13
	4	3	21	122	15
primisulfuron	1	271	8	335	379
	2	182	0	201	201
	3	283	22	206	307
	4	147	24	240	337
rimsulfuron	1	403	238	226	290
	2	227	169	195	494
	3	400	364	257	397
	4	171	134	137	180

Eseguite l'ANOVA. Verificate il rispetto delle assunzioni parametriche di base e, se necessario, trasformate i dati. Preparate una tabella per le medie marginali e le medie di cella ed aggiungete i rispettivi errori standard (SEMs). Ha senso considerare le medie marginali? Impostate un test di confronto multiplo per gli effetti significativi, coerentemente con la risposta alla domanda precedente.

14.8.4 Esercizio 4

E' stato condotto un esperimento parcellare per valutare l'interazione tra il momento dell'applicazione dell'azoto al terreno (early, optimum, late) e due livelli di un inibitore della nitrificazione (none, 5 lb/acre). L'inibitore ritarda la nitrificazione e riduce le perdite per lisciviazione profonda. L'azoto è stato somministrato in forma marcata (^{15}N) e i dati raccolti riguardano la percentuale di azoto assorbito dalla pianta.

Genotype	Block	Early	Med	Late
A	1	21.4	50.8	53.2
	2	11.3	42.7	44.8
	3	34.9	61.8	57.8
B	1	54.8	56.9	57.7
	2	47.9	46.8	54.0
	3	40.1	57.9	62.0

Analizzare i dati e commentare i risultati

14.8.5 Esercizio 5

E' stato organizzato un esperimento per valutare l'effetto della temperatura di lavaggio sulla riduzione di lunghezza di alcuni tessuti. I risultati sono espressi in percentuale di riduzione e sono stati ottenuti in un disegno sperimentale a randomizzazione completa, con quattro tessuti e altrettante temperature.

Fabric	210 °F	215 °F	220 °F	225 °F
A	1.8	2.0	4.6	7.5
	2.1	2.1	5.0	7.9
B	2.2	4.2	5.4	9.8
	2.4	4.0	5.6	9.2
C	2.8	4.4	8.7	13.2
	3.2	4.8	8.4	13.0
D	3.2	3.3	5.7	10.9
	3.6	3.5	5.8	11.1

Analizzare i dati e commentare i risultati

14.8.6 Esercizio 6

Un processo di sintesi chimica prevede due reazioni, la prima richiede un alcool e la seconda richiede una base. Viene impostato un esperimento fattoriale 3×2 , con tre alcoli e due basi, con uno schema sperimentale completamente randomizzato a quattro repliche. Quali sono le vostre raccomandazioni

per la prima e la seconda reazione, sulla base dei risultati dell’esperimento. La variabile rilevata mostra la produzione percentuale del processo.

Base	Alcohol 1	Alcohol 2	Alcohol 3
A	91.3	89.9	89.3
	88.1	89.5	87.6
	90.7	91.4	90.4
	91.4	88.3	90.3
B	87.3	89.4	92.3
	91.5	93.1	90.7
	91.5	88.3	90.6
	94.7	91.5	89.8

Analizzare i dati e commentare i risultati

14.9 Capitolo 13

14.9.1 Esercizio 1

È stato condotto uno studio per verificare l’effetto della concimazione azotata sulla lattuga, utilizzando uno schema a blocchi randomizzati. I risultati sono i seguenti:

N level	B1	B2	B3	B4
0	124	114	109	124
50	134	120	114	134
100	146	132	122	146
150	157	150	140	163
200	163	156	156	171

Analizzare i dati e commentare i risultati

14.9.2 Esercizio 2

Per valutare la soglia economica d'intervento, è necessario definire la relazione tra la densità di una pianta infestante e la perdita produttiva della coltura. Ipotizziamo che, nel range di densità osservato, il modello di competizione sia una retta. Per parametrizzare questo modello e verificarne la validità, è stato organizzato un esperimento a blocchi randomizzati, dove sono stati inclusi sette diversi livelli di infestazione di *Sinapis arvensis* ed è stata rilevata la produzione di acheni del girasole. I risultati sono:

density	Rep	y	ield
0	1	36.63	
14	1	29.73	
19	1	32.12	
28	1	30.61	
32	1	27.7	
38	1	27.43	
54	1	24.79	
0	2	36.11	
14	2	34.72	
19	2	30.12	
28	2	30.8	
32	2	26.53	
38	2	27.6	
54	2	23.31	
0	3	38.35	
14	3	32.16	
19	3	31.72	
28	3	28.69	
32	3	25.88	
38	3	28.43	
54	3	30.26	
0	4	36.74	
14	4	32.566	
19	4	29.57	
28	4	33.663	
32	4	28.751	
38	4	27.114	
54	4	24.664	

Eseguire l'ANOVA e verificare il rispetto delle assunzioni di base. E' corretto eseguire un test di confronto multiplo e perchè? Eseguire l'analisi di regressione lineare, verificando la bontà di adattamento del modello. Definire il modello parametrizzato. Stabilire la soglia d'intervento, ipotizzando il costo del prodotto e dell'intervento diserbante.

14.10 Capitolo 14

14.10.1 Esercizio 1

Due campioni di terreno sono stati trattati con due erbicidi diversi e sono stati posti in cella climatica alle medesime condizioni di temperatura ed umidità. In tempi diversi dopo l'inizio dell'esperimento sono state prelevate aliquote di ciascun terreno e ne è stata determinata la concentrazione residua di erbicida. I risultati ottenuti sono i seguenti:

Time	Herbicide A	Herbicide B
0	100.00	100.00
10	50.00	60.00
20	25.00	40.00
30	15.00	23.00
40	7.00	19.00
50	3.50	11.00
60	2.00	5.10
70	1.00	3.00

Ipotizzando che la degradazione dei due erbicidi segue una cinetica del primo ordine, parametrizzare la relativa equazione e determinare la semivita dei due erbicidi. Quale sostanza degrada più velocemente?

14.10.2 Esercizio 2

Un popolazione microbica in condizioni non-limitanti di substrato cresce seguendo una cinetica del primo ordine. Un esperimento da i seguenti risultati:

Time	Cells
0	2
10	3
20	5
30	9
40	17
50	39
60	94
70	201

Parametrizzare un modello esponenziale e calcolarne la bontà di adattamento.

14.10.3 Esercizio 3

E' stato organizzato un esperimento per valutare il tasso di assorbimento radicale di azoto da parte di *Lemna minor* allevata in coltura idroponica. I risultati medi ottenuti sono i seguenti:

conc	rate
2.86	14.58
5.00	24.74
7.52	31.34
22.10	72.97
27.77	77.50
39.20	96.09
45.48	96.97
203.78	108.88

Parametrizzare il modello iperbolico di Michaelis-Menten:

$$y = \frac{ax}{b + x}$$

Valutarne la bontà di adattamento.

14.10.4 Esercizio 4

E' stato organizzato un esperimento di competizione per valutare l'effetto di densità crescenti di *Ammi majus* sulla produttività del girasole. I risultati ottenuti sono i seguenti:

Weed density	Yield
0	3.52
23	2.89
31	2.76
39	2.75
61	2.48

Parametrizzare l'iperbole di Cousens:

$$Y_W = Y_{WF} \left(1 - \frac{i \cdot x}{100 \left(1 + \frac{i \cdot x}{a} \right)} \right)$$

Valutarne la bontà di adattamento. Determinare la soglia economica di intervento.

14.10.5 Esercizio 5

Uno degli aspetti fondamentali degli studi relativi alla diversità degli ambienti è la valutazione delle curve area-specie. E' stato considerato un aranceto siciliano, del quale è stata valutata con un apposito campionamento 'innestato' la curva area-specie.

Area	numSpecie
1	4
2	5
4	7
8	8
16	10
32	14
64	19
128	22
256	22

Parametrizzare una curva ‘di potenza’ (power curve):

$$a \cdot x^b$$

Valutarne la bontà di adattamento. Determinare l’area minima di campionamento.

14.10.6 Esercizio 6

Si ritiene che la crescita di una coltura possa essere descritta accuratamente con un’equazione di Gompertz. Si ritiene inoltre che la presenza delle piante infestanti possa modificare la crescita della coltura, alterando i valori dei parametri del modello anzidetto. Per questo motivo viene organizzato un esperimento a randomizzazione completa con tre repliche, 6 tempi di prelievo (DAE) e 2 stati di infestazione (infestato e libero). In ogni tempo di prelievo, le tre repliche vengono raccolte e viene determinato il peso della coltura. I risultati ottenuti sono i seguenti:

DAE	Infested	Weed Free
21	0.06	0.07
21	0.06	0.07
21	0.11	0.07
27	0.20	0.34
27	0.20	0.40
27	0.21	0.25
38	2.13	2.32
38	3.03	1.72
38	1.27	1.22
49	6.13	11.78
49	5.76	13.62
49	7.78	12.15
65	17.05	33.11
65	22.48	24.96
65	12.66	34.66
186	21.51	38.83
186	26.26	27.84
186	27.68	37.72

Parametrizzare il modello di Gompertz:

$$a \cdot \exp(-b \cdot \exp(-c \cdot x))$$

e verificarne la bontà di adattamento nelle due situazioni. Quali parametri del modello di Gompertz sono maggiormente influenzati dalle piante infestanti? Abbiamo elementi per ritenere che la crescita segua un'equazione di Gompertz piuttosto che una logistica simmetrica?

14.10.7 Esercizio 7

Piante di *Tripleuspermum inodorum* in vaso sono state trattate con erbicida sulfonilureico (tribenuron-methyl) a dosi crescenti. Tre settimane dopo il trattamento è stato registrato il peso delle piante sopravvissute, ottenendo i risultati riportati nella tabella seguente:

Dose (g a.i. ha ⁻¹)	Fresh weight (g pot ⁻¹)
0	115.83
0	102.90
0	114.35
0.25	91.60
0.25	103.23
0.25	133.97
0.5	98.66
0.5	92.51
0.5	124.19
1	93.92
1	49.21
1	49.24
2	21.85
2	23.77
2	22.46

Si ipotizza che la relazione dose-effetto possa essere descritta con un modello log-logistico:

$$c + \frac{d - c}{1 + \exp(b(\log(x) - \log(a)))}$$

Parametrizzare questo modello e verificarne la bontà d'adattamento.

Capitolo 15

Appendice 1: breve introduzione ad R

Placeholder

Cosa è R?

Oggetti e assegnazioni

Costanti e vettori

Matrici

Dataframe

Quale oggetto sto utilizzando?

Operazioni ed operatori

Funzioni ed argomenti

Consigli per l'immissione di dati sperimentali

Immissione di numeri progressivi

Immissione dei codici delle tesi e dei blocchi

Immissione dei valori e creazione del dataframe

Leggere e salvare dati esterni

Alcune operazioni comuni sul dataset

Selezionare un subset di dati

Ordinare un vettore o un dataframe

Workspace

Script o programmi

Interrogazione di oggetti