

日本における農薬の散布液量実態調査

神谷昌希, 藤田智紀, 佐々木千潮

独)農林水産消費安全技術センター 農薬検査部

我が国で、新たに導入する農薬使用者の暴露量の評価、蜜蜂への影響評価及び作物残留評価(後作物残留を含む)について、より精密な評価を行うにあたり、農薬の単位面積当たりの投下量が重要なファクターとなる。そのため、作物毎に必要な散布液量及び散布液量の変動要因を把握するための調査を行った。その結果、草丈が高い作物あるいは葉数の多い作物ほど、必要な散布液量が多くなり、散布条件により農薬登録上の使用液量の上限を超える可能性が考えられた。

Keywords: 農薬, 農薬登録, 薬効, 散布液量, 使用液量, 作物残留試験, バラツキ, 感水紙

結 言

我が国において、作物に直接処理する薬剤の一般的な使用液量は、農薬登録上野菜類に含まれる作物では100~300 L/10a, 果樹類では200~700 L/10aとしている。このような範囲が設定されているのは、作物の生育ステージにより使用する散布液量の変動するためである。しかし、野菜類に含まれる作物であっても作型や植栽密度によって必要な散布液量は異なると考えられる。このため、幾つかの作物において必要な散布液量、散布液量の変動する要因を調査した。

材料および方法

調査は2通りの方法で行った。実際に作物に水を散布して、散布液量を調査する方法(実散布液量調査)と登録申請時に提出された薬効・薬害試験成績及び作物残留(作残)試験成績における散布液量を調査する方法(申請時に提出された試験成績の調査)とした。

1. 実散布液量調査

農薬検査部ほ場において、きゅうり、なす、オクラを対象に、複数の散布者により、個々が十分量と考える水量を散布し、その際の散布液量の調査を行った。各散布者の散布ムラによる散布液量への影響を確認するために、感水紙(スプレーイングシステムスジャパン合同会社, 東京)を用いて薬液付着斑の被覆面積

率を求めた。

1.1. 供試作物

きゅうり (品種: VR 夏すずみ, タキイ種苗株式会社) は2019年4月9日に育苗ポット(9 cm 径)には種し、5月7日に1畝当たり14株、3畝に定植した。なす (品種: とげなし千両二号, タキイ種苗株式会社) は2019年4月2日に育苗ポット(9 cm 径)には種し、6月4日に1畝当たり15株、3畝に定植した。オクラ (品種: アーリーファイブ, タキイ種苗株式会社) は2019年7月9日に1畝当たり32株、3畝には種した。

1.2. 試験区

きゅうりは、40.9 m²(長さ11.2 m×幅3.7 m)、なすは35.1 m²(長さ9.0 m×幅3.9 m)、オクラは42.4 m²(10.6 m×4.0 m)とした(いずれも3畝)。

1.2.1. 感水紙の設置

畝毎及び作物の高低差による散布ムラを確認する目的で試験区内に感水紙を設置した。各作物の感水紙の設置は以下のとおり行った。

1.2.2. きゅうりの試験設計

1畝14株に対して、任意の3か所を選定した。次に、抽出した株の最上部(180 cm)、高さ2/3(120 cm)と1/3(60 cm)の位置に感水紙を設置した(図1)。

畝Ⅰ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
畝Ⅱ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
畝Ⅲ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

図1. きゅうりの試験区の感水紙の位置

※各数字は株を表す

※丸で囲んだ数字の株に感水紙を配置

1.2.3. なすの試験設計

1畝15株に対して、任意の3か所を選定した。次に、抽出した株の最上部(120cm)、高さ1/2(60cm)の位置に感水紙を設置した(図2)。

畝Ⅰ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
畝Ⅱ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
畝Ⅲ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

図2. なすの試験区の感水紙の位置

※各数字は株を表す

※丸で囲んだ数字の株に感水紙を配置

1.2.4. オクラの試験設計

1畝32株に対して、任意の3か所を選定した。次に、抽出した株の最上部(120cm)、高さ1/2(60cm)の位置に感水紙を設置した(図3)。

畝Ⅰ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
畝Ⅱ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
畝Ⅲ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32

図3. オクラの試験区の感水紙の位置

※各数字は株を表す

※丸で囲んだ数字の株に感水紙を配置

1.3. 散布壁面積

散布液量は作物の草丈により変動する。1畝の作物を壁と見なし、畝の長さとして作物の高さから面積を算出し、散布壁面積とした。

1.4. 作物の散布壁面積当たりの葉数

散布時の葉数も散布液量に影響すると考えられることから、供試作物ごとに葉数を計測した。散布壁面積当たりの葉数は、1畝に散布壁が2面あるため、3畝の葉数の合計を2で割ったものを散布壁面積で除算し、算出した。

1.5. 散布方法

1.5.1. 散布日時と作物の生育ステージ

きゅうりへの散布は6月26日に3人(散布者:A, B, D), 6月27日に1人(散布者:C), 7月18日に1人(散布者:E)の合計5人で、なすへの散布は7月30日に4人(散布者:A, B, C, E), 8月1日に1人(散布者:D)の合計5人, オクラには9月12日に4人(散布者:B, C, D, E)で散布を行った。散布時点の作物の生育ステージは表1のとおりであった。

表1. 各作物の散布日と生育ステージ

作物	散布日	生育ステージ
きゅうり	2019年6月26日	収穫初期
きゅうり	2019年6月27日	収穫初期
きゅうり	2019年7月18日	収穫終期
なす	2019年7月30日	収穫盛期
なす	2019年8月1日	収穫盛期
オクラ	2019年9月12日	収穫盛期

1.6. 散布器具の調整

散布器はMUS153D(株式会社マキタ, 愛知)を用いた。散布ノズル(丸3頭口(換板式), 永田製作所, 大阪)からの吐出量のバラツキを抑えるため、ノズルにかかる圧力を0.3MPaにした。さらにノズルから60秒間に吐出される液量(重量)を測定し、吐出量のバラツキを確認した。測定は3反復とした。60秒あたりの吐出量は510.0mL~560.0mLだった。各調査日毎に顕著な吐出量のバラツキはみられず、均一な散布が可能であると考えられた。

1.7. 散布液の調製

散布液は、水道水に展着剤(三井化学アグロ株式会社, グラミンS(登録番号第10972号), 東京)を10L当たり1mLの割合で加用したものを使用した。

1.8. 作物への散布及び栽培面積当たりの散布液量の計算

各散布者が十分量と考える水量を、葉の表裏及び高低で均一に散布液がかかるよう散布した。散布器に5L(5kg)の散布液を注入した。1畝散布終了後に散布器の残液の重量を計測した。散布前の重量から散布後の重量を差し引いた値を1畝の散布液量とした。その後3畝の合計散布液量を10aに換算して、10a当たりの散布液量とした。栽培面積は畝長と畝幅を乗算した値とし、畝間の面積は含めず算出した。

1.9. 散布壁面積当たりの散布液量の計算

各畝の実散布液量を散布壁面積で除算し、散布壁単位面積当たりの散布液量を求めた。

1.10. 感水紙の被覆面積率の計算

試験区から回収した感水紙を、スキャナー(RICOH imagio MP C3302 RPCS, 株式会社リコー, 東京)によりイメージ画像として取り込み、専用の解析ソフトウェア(「感水紙被覆面積率算出ソフトウェア」(窪田ら, 2010; 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 生物系特定産業技術研究支援センター公開))で、感水紙の薬液付着液斑の被覆面積率を測定した。被覆面積率の畝毎の標準偏差, 高さ毎の標準偏差に基づき散布ムラを評価した。

1.11. 統計解析

統計ソフト R (Ver. 3.4.4, R core Team, 2018) を用いて解析を行った。散布壁面積当たり葉数と散布壁面積当たり散布液量について、Shapiro-Wilk 検定によりデータの正規性について検討した。この結果、データは正規分布しているとは言えなかったため、Spearman の順位相関係数を用いて散布壁面積当たり葉数と散布壁面積当たり散布液量との相関関係を評価した。

2. 申請時に提出された試験成績の調査

2.1. 薬効・薬害試験成績の調査

生育期～収穫期に茎葉散布が行われている薬効・薬害試験について情報収集した。きゅうり及びなすは平成 25 年度から平成 29 年度に実施された試験、オクラは平成 21 年度から平成 29 年度に実施された試験を対象とした。

2.2. 作物残留試験成績の調査

きゅうり, なす及びオクラの各作物で茎葉散布が行われている作物残留試験について調査した。昭和 59 年度から平成 29 年度に実施された試験を対象とした。

結果および考察

1. 実散布液量調査

1.1. 栽培面積当たりの散布液量

実散布液量 (平均±標準偏差) はきゅうり (散布者: 5 人) では 4.8 ± 0.7 L/畝, なす (散布者: 5 人) では 3.7 ± 0.9 L/畝, オクラ (散布者: 4 人) では 2.7 ± 0.6 L/畝となった (データ省略)。10 a 当たり換算ではきゅうりでは 5 人の平均が 349.8 L/10a となり, 登録上の使用液量の最大値 (300 L/10a) を超えた(図 4-1)。5 人のうち最大の散布液量は, 414.6 L/10a, 最小の散布液量は, 284.7 L/10a であり, 100 L/10a 以上の差が見られた。なすでは, 5 人の平均が 314.6 L/10a となり, こちらも登録上の使用液量の最大値を超えた (図 4-2)。5 人のう

ち最大の散布液量は, 386.8 L/10a, 最小の散布液量は, 213.5 L/10a であり, 150 L/10a 以上の差が見られた。オクラでは, 4 人の平均が 192.8 L/10a となり, 登録上の使用液量の範囲内であった (図 4-3)。4 人のうち最大の散布液量は, 244.0 L/10a, 最小の散布液量は, 160.1 L/10a であり, 80 L/10a 程度の差が見られた。

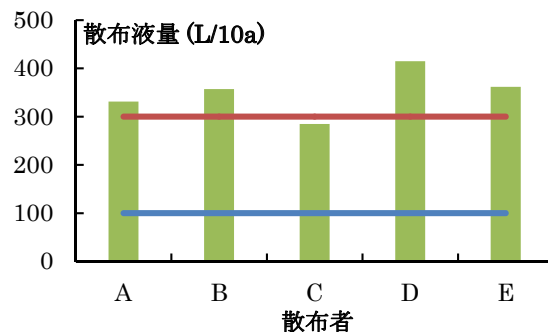


図 4-1. きゅうりの栽培面積に対する散布液量

6 月 26 日散布者: A, B, D, 6 月 27 日散布者: C, 7 月 18 日散布者: E。上部の線は 300 L/10a, 下部の線は 100 L/10a を表す。

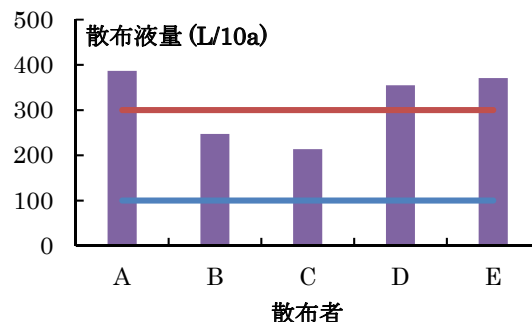


図 4-2. なすの栽培面積に対する散布液量

7 月 30 日散布: A, B, C, E, 8 月 1 日散布: D。上部の線は 300 L/10a, 下部の線は 100 L/10a を表す。

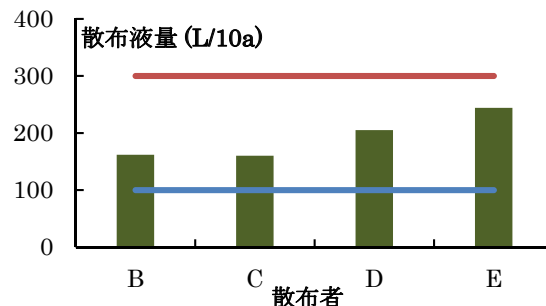


図 4-3. オクラの栽培面積に対する散布液量

9 月 12 日散布: B, C, D, E。上部の線は 300 L/10a, 下部の線は 100 L/10a を表す。

1.2. 散布壁面積当たり散布液量

供試した作物は立体的に展開するため、散布壁面積に対する散布液量を算出した。その結果、きゅうりでは、散布壁面積 121.0 m² に対して 236.5 mL/m² (散布壁面積当たりの葉数: 21.1 枚/m²~23.3 枚/m²)、なすでは、散布壁面積 64.8 m² に対して 340.8 mL/m² (散布壁面積当たりの葉数: 58.0 枚/m²)、オクラでは散布壁面積 76.3 m² に対して 214.2 mL/m² (散布壁面積当たりの葉数: 8.9 枚/m²) であり、散布壁面積当たりの葉数が多い作物ほど、散布壁当たりの散布液量が多くなる傾向が見られた (図 5, $r=0.62, p<0.05$)。このことから、葉の密度は散布液量に影響を与える要因であると考えられた。

表 2-1. 散布時のきゅうり散布壁面積当たり葉数と散布壁面積当たりの散布液量 (3 畝の平均)

散布者	散布壁面積当たり葉数 [※]	散布液量/散布壁
A	21.1 枚/m ²	223.8 mL/m ²
B	21.1 枚/m ²	241.3 mL/m ²
C	21.1 枚/m ²	192.5 mL/m ²
D	21.1 枚/m ²	280.3 mL/m ²
E	23.3 枚/m ²	244.5 mL/m ²
平均		236.5 mL/m ²
標準偏差		35.8
変動係数		1.5%

散布壁面積は 121.0 m²

※3 畝の合計葉数÷2÷散布壁面積

表 2-2. 散布時のなすの散布壁面積当たり葉数と散布壁面積当たりの散布液量 (3 畝の平均)

散布者	散布壁面積当たり葉数 [※]	散布液量/散布壁
A	58.0 枚/m ²	419.0 mL/m ²
B	58.0 枚/m ²	267.9 mL/m ²
C	58.0 枚/m ²	231.3 mL/m ²
D	58.0 枚/m ²	384.3 mL/m ²
E	58.0 枚/m ²	401.7 mL/m ²
平均		340.8 mL/m ²
標準偏差		79.9
変動係数		2.3%

散布壁面積は 64.8 m²

※3 畝の合計葉数÷2÷散布壁面積

表 2-3. 散布時のオクラの散布壁面積当たり葉数と散布壁面積当たりの散布液量 (3 畝の平均)

散布者	散布壁面積当たり葉数 [※]	散布液量/散布壁
B	8.9 枚/m ²	179.9 mL/m ²
C	8.9 枚/m ²	177.9 mL/m ²
D	8.9 枚/m ²	227.7 mL/m ²
E	8.9 枚/m ²	271.1 mL/m ²
平均		214.2 mL/m ²
標準偏差		44.2
変動係数		2.1%

散布壁面積は 76.3 m²

※3 畝の合計葉数÷2÷散布壁面積

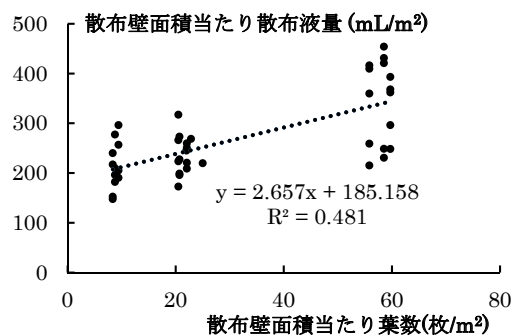


図 5. 散布壁面積当たり葉数に対する散布壁面積当たり散布液量

1.3. 散布ムラ及び散布者間のバラツキ

感水紙の葉液付着液斑の被覆面積率を測定した結果、きゅうりでは、畝毎の散布ムラ及び高低差による散布ムラともに、比較的大きくなった (表 3-1)。これは草丈が高く仕立てられたことから、上部への散布が難しくなったことが影響しているものと考えられた。なすでは高低差による散布ムラより、畝毎の散布ムラの方が大きくなった (表 3-2)。これは葉が多く、かつ横に広く展開していることから、より奥にまで散布しようとする意識が働き、散布ノズルを垂直方向に加え、水平方向に動かすことが原因と考えられた。一方オクラでは、きゅうり、なすに比べて高低差による散布ムラ及び畝毎の散布ムラは小さかった (表 3-3)。オクラは、きゅうりよりも草丈が低く、きゅうり及びなすよりも葉数が少ないことから、より一定のリズムで散布できたことが要因であると考えられた。

散布者間のバラツキについては、各散布者の被覆面積率の平均値から変動計数を算出した。その結果、きゅうりでは 12.7%、なすでは 6.9%、オクラでは 2.7%であった (表 3-1 から表 3-3)。草丈が低く、葉数の少ない、すなわち構造が単純な作物ほど散布者間のバラツキが少なくなるものと推察された。

表 3-1. きゅうりにおける感水紙の被覆面積率

散布者	被覆面積率の 平均値	畝毎の 標準偏差	高低差の 標準偏差
A	81.5%	0.6	8.9
B	68.1%	3.3	21.0
C	77.1%	15.6	9.1
D	91.9%	2.9	11.1
E	98.0%	1.7	2.3
平均	83.3%	-	-
標準偏差	10.6	-	-
変動計数	12.7%	-	-

表 3-2. なすにおける感水紙の被覆面積率

散布者	被覆面積率 の平均値	畝毎の 標準偏差	高低差の 標準偏差
A	81.4%	13.7	8.7
B	96.7%	3.9	0.0
C	89.2%	10.8	5.4
D	96.6%	1.4	3.3
E	84.8%	9.7	5.1
平均	89.7%	-	-
標準偏差	6.2	-	-
変動係数	6.9%	-	-

表 3-3. オクラにおける感水紙の被覆面積率

散布者	被覆面積率 の平均値	畝毎の 標準偏差	高低差の 標準偏差
B	83.6%	12.5	12.1
C	82.1%	8.7	14.2
D	87.4%	9.1	12.6
E	81.8%	7.7	9.0
平均	83.7%	-	-
標準偏差	2.2	-	-
変動係数	2.7%	-	-

2. 申請時に提出された試験成績の調査

2.1. 薬効・薬害試験成績の調査

きゅうり、なす及びオクラの3作物について茎葉散布にて試験が行われている試験成績を対象に調査を行った。調査した試験数は、きゅうりが 370 試験、なすが 352 試験、オクラが 42 試験であった(図 6~8)。

調査した試験の散布時期は概ね収穫直前から収穫終期までとした。この結果、きゅうりにおける散布液量の最大値は 669 L/10a、最小値は 80 L/10a、平均で 276.7 L/10a であった。なすでは、最大値 610 L/10a、最小値 100 L/10a、平均 255.4 L/10a、オクラでは、最大値 370 L/10a、最小値 60 L/10a、平均 238.1 L/10a であった。

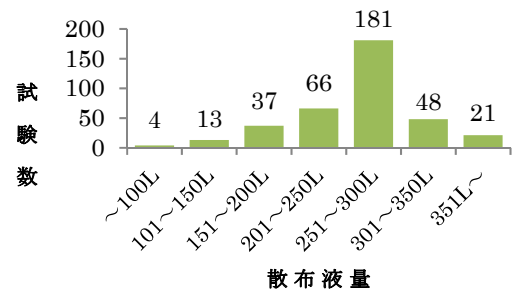


図 6. きゅうりの散布液量の分布 (薬効・薬害試験、表中の数字は試験数を表す)

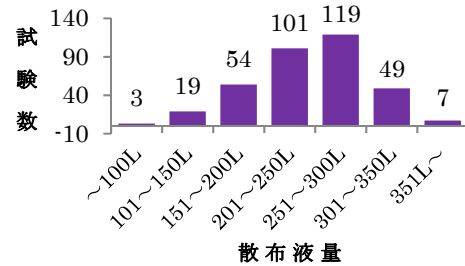


図 7. なすの散布液量の分布 (薬効・薬害試験、表中の数字は試験数を表す)

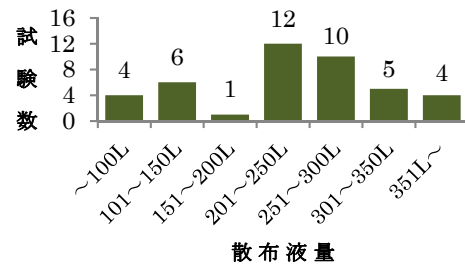


図 8. オクラの散布液量の分布 (薬効・薬害試験、表中の数字は試験数を表す)

2.2. 作物残留試験成績の調査

きゅうり、なす及びオクラの3作物について茎葉散布にて試験が行われている試験成績を対象に調査を行った。調査した試験数は、きゅうりが 345 試験、なすが 315 試験、オクラが 43 試験であった(図 9~11)。

調査した試験の散布時期は概ね収穫直前から収穫終期までとした。きゅうりにおける散布液量の最大値は 530 L/10a、最小値は 150 L/10a、平均で 250.3 L/10a であった。なすでは、最大値 404 L/10a、最小値 100 L/10a、平均 236.7 L/10a、オクラでは、最大値 300 L/10a、最小値 150 L/10a、平均 224.1 L/10a であった。

2.3. 提出された試験成績に関する考察

薬効・薬害試験成績及び作物残留試験成績の調査結果から、草丈が高くなるきゅうりの方が、なすやオクラより散布液量は多くなる傾向が見られた。また、薬

効・葉害試験のほうが作物残留試験に比べ散布液量が多い傾向であった。これは、確実に効果を発揮させたいという散布者の意図が少なからず影響しているものと考えられた。

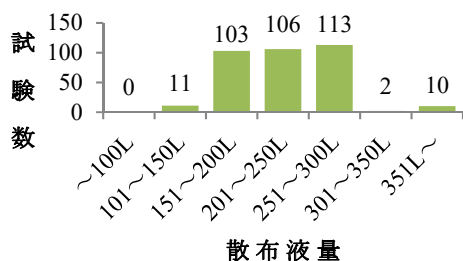


図9. きゅうりの散布液量の分布（作残試験、表中の数字は試験数を表す）

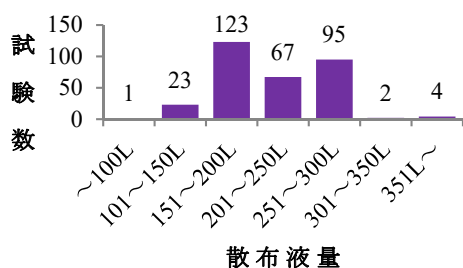


図10. なすの散布液量の分布（作残試験、表中の数字は試験数を表す）

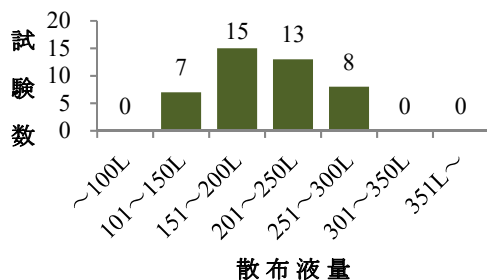


図11. オクラの散布液量の分布（作残試験、表中の数字は試験数を表す）

2.4. 総合考察

今回の実散布液量調査及び申請時に提出された試験成績の調査結果から、収穫期のきゅうりやなすでは、必要な散布液量が、きゅうりやなすの登録上の使用液量の最大値である300 L/10aを超える事例が確認された。このため、必要な散布液量は、散布条件により農薬登録上の使用液量の上限を超える可能性が考えられた。しかし、散布器具の種類、散布ノズルの種類、散布時の圧力の違いも散布液量に影響すると考えられることから、これらの条件を変えることにより散布液量がどのように変動するか調査を行うこと

が望ましいと考えられた。

参考文献

- 1) 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 東北農業研究センター 果樹研究所(2010)農薬の効率的散布技術マニュアル
- 2) 窪田陽介, 臼井義彦, 林和信, 水上智道, 宮原義彦, 大里大, 中野和宏. 農業情報研究. 19, 16-22 (2010)
- 3) R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.