

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ЗНАЧИМОСТИ РАЗЛИЧИЙ
МЕЖДУ ОБРАЗЦАМИ ЦВЕТОЧНОЙ РАССАДЫ, ВЫРАЩЕННОЙ
НА РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ПОЧВЕННЫХ СУБСТРАТОВ, НА ПРИМЕРЕ
ПЕТУНИИ КРУПНОЦВЕТКОВОЙ ДУВЕ БЛЮ (PETUNIA GRANDIFLORA
DUVET BLUE)**

С.С. Ведёхин, В.А. Новиков, Е.Н. Тихонова

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия*

Аннотация. В статье описывается исследование по определению наличия статистической значимости различий между образцами цветочной рассады петунии крупноцветковой Дуве Блю (*Petunia grandiflora* «Duvet Blue»), выращенной на различных типах почвенных субстратов.

Ключевые слова: петуния, сеянцы, почвенный, субстрат, рассада, дисперсионный, ANOVA, анализ.

**DETERMINATION OF THE STATISTICAL SIGNIFICANCE OF DIFFERENCES
BETWEEN SAMPLES OF FLOWER SEEDLINGS GROWN ON DIFFERENT TYPES
OF SOIL SUBSTRATES USING THE EXAMPLE OF PETUNIA GRANDIFLORA
DUVET BLUE**

S.S. Vedyokhin, V.A. Novikov, E.N. Tikhonova

*Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh,
Russia*

Abstract. The article describes a study to determine the presence of statistical significance of differences between samples of *Petunia Grandiflora Duvet Blue* flower seedlings grown on various types of soil substrates.

Keywords: *Petunia*, seedlings, soil, substrate, seedlings, dispersion, ANOVA, analysis

Цель исследования. Провести анализ наличия статистической значимости различий роста между образцами цветочной рассады петунии крупноцветковой Дуве Блю (*petunia grandiflora duvet blue*), выращенной на различных типах почвенных субстратов.

Материал и методы исследования

В ходе анализа динамики развития сеянцев рассады петунии крупноцветковой Дуве Блю (*Petunia grandiflora* «Duvet Blue») было получено после пикировки в образце №1 – 219 растений, в образце №2 – 228 растений, в образце №3 – 233 растений, в образце №4 – 233 растение [1]. У каждого растения измерили рост [2].

Анализ наличия статистической значимости различий между образцами цветочной рассады проводился с помощью алгоритма ANOVA (анализ дисперсии). Это статистический метод, используемый для сравнения средних значений двух или нескольких групп. Для выполнения расчетов использовался пакет анализа для Microsoft Excel. В пакете анализа, необходимый для расчетов, инструмент находится в разделе «Однофакторный дисперсионный анализ» [3].

В начале исследования мы определяем две гипотезы. Гипотеза H_0 – состав почвенной смеси не оказывает влияния на рост цветочной рассады. Гипотеза A – состав почвенной смеси оказывает влияние на рост цветочной рассады.

После указания диапазона входных параметров (в нашем случае это таблица, содержащая данные о росте каждого растения, разделённые по образцам почвенных субстратов) и указания выходного интервала, получаем расчет (рис. 1).

Однофакторный дисперсионный анализ					
ИТОГИ					
Группы	Счет	Сумма	Среднее	Дисперсия	
Столбец 1	219	11641	53,16	226,0400067	
Столбец 2	228	28776	126,21	1279,664735	
Столбец 3	233	43251	185,63	1328,984979	
Столбец 4	233	51680	221,80	1312,710855	

Дисперсионный анализ							
Источник вариации	SS	df	MS	F	P-Значение	F критическое	
Между группами	3677196,993	3	1225732,331	1169,59	0,00	2,61	
Внутри групп	952634,0497	909	1048,002255				
Итого	4629831,043	912					

Рисунок 1 – Результаты однофакторного дисперсионного анализа

Судя по результатам анализа в нашем случае, критическая точка равна 2,61 (f критическое). Так как значение F (1169,59) больше значение f -критическое, гипотезу H_0 мы отвергаем (рис. 2). Расчеты мы производили с вероятностью ошибки в 5%, следовательно, гипотеза A принимается с вероятностью 95%. Степень влияния состава почвенной смеси R_2 рассчитывается по формуле 1.

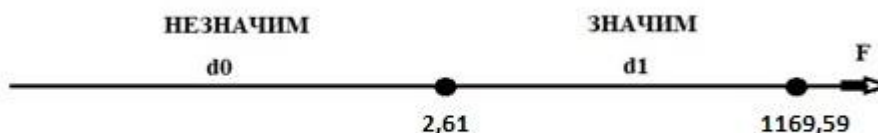


Рисунок 2 – Схематическое изображение результатов однофакторного дисперсионного анализа

Где $d0$ – область незначимости, $d1$ – область значимости.

$$R_2 = \frac{SS(\text{между группами})}{SS(\text{итого})} = \frac{3677196,99}{4629831,04} = 79\% \quad (1)$$

Отсюда следует, что доля неучтённых в расчете факторов составляет 21%. Неучтенными в расчете факторами могут служить влияние освещенности теплицы, температурный режим, режим полива рассады и другие.

Так как гипотеза H_0 нами отвергается, необходимо провести пост-хок анализ. Мы выбрали для этого алгоритм Тьюки [4]. Этот алгоритм сравнивает все образцы между собой и вычисляет интервалы доверия для разности средних значений. В результате пост-хок анализа мы узнаем о наличии или отсутствии статистически значимых различий между всеми образцами цветочной рассады, выращенной с использованием различных почвенных смесей (табл. 1).

Таблица 1. Результаты пост-хок анализа (алгоритм Тьюки)

Пары почвенных смесей	$ cp.x - cp.y $	MS (внутри групп)	$\sqrt{\frac{MSR}{n}}$	$\frac{ cp.x - cp.y }{\sqrt{\frac{MSR}{n}}}$	Критическая точка	Наличие отличий
Земля / Земля + вермикулит	73,06	1048,00	2,12	34,45	3,30	Есть отличия
Земля / Торф	132,47			62,46		Есть отличия
Земля / Торф + вермикулит	168,65			79,52		Есть отличия
Земля + вермикулит / Торф	59,42			28,02		Есть отличия
Земля + вермикулит / Торф + вермикулит	95,59			45,07		Есть отличия
Торф / Торф + вермикулит	36,18			17,06		Есть отличия

Далее для анализа нам необходимо найти значение точек степеней свободы. Значение первой точки степеней свободы (l) рассчитывается по формуле 2.

$$l = \text{кол} - \text{во_уровней_фактора} - 1 = 4 - 1 = 3 \quad (2)$$

Значение второй точки степеней свободы (v) рассчитывается по формуле 3.

$$v = \text{кол} - \text{во_уровней_фактора} * (\text{кол} - \text{во_наблюдений} - 1) = 4 * 232 = 928 \quad (3)$$

Подставляя значение точек степеней свободы в таблицу для определения значения критической точки, получаем значение 3,30 (рис. 3).

Стандартные значения коэффициента Q (при уровне вероятности P = 0,95 для определения критерия Тьюки D = Qm)																				
Число степеней свободы для ошибки v	Число вариантов опыта l																			
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	18,0	26,7	32,8	37,2	40,5	43,1	45,4	47,3	49,1	50,6	51,9	53,2	54,3	55,4	56,3	57,2	58,0	58,8	59,9	
2	6,1	8,3	9,8	10,9	11,7	12,4	13,0	13,5	14,0	14,4	14,8	15,1	15,4	15,6	15,9	16,1	16,4	16,6	16,8	
3	4,5	5,9	6,8	7,5	8,0	8,5	8,9	9,2	9,5	9,7	9,9	10,2	10,4	10,5	10,7	10,8	11,0	11,1	11,2	
4	3,9	5,0	5,8	6,3	6,7	7,1	7,4	7,6	7,8	8,0	8,2	8,4	8,5	8,7	8,8	8,9	9,0	9,1	9,2	
5	3,6	4,5	5,2	5,6	6,0	6,3	6,5	6,7	6,9	7,1	7,3	7,4	7,5	7,6	7,8	7,9	8,0	8,0	8,1	
6	3,5	4,3	4,9	5,3	5,6	5,9	6,1	6,3	6,5	6,6	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	
7	3,3	4,2	4,7	5,1	5,4	5,6	5,8	6,0	6,2	6,3	6,4	6,5	6,7	6,8	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2	
8	3,3	4,0	4,5	4,9	5,2	5,4	5,6	5,8	5,9	6,0	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,6	6,7	6,8	6,9	
9	3,2	4,0	4,4	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6	5,7	5,9	6,0	6,1	6,2	6,3	6,4	6,4	6,5	6,6	6,6	
10	3,2	3,9	4,3	4,7	4,9	5,1	5,3	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0	6,1	6,2	6,3	6,3	6,4	6,5	
11	3,1	3,8	4,2	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0	6,1	6,1	6,2	6,3	6,3	
12	3,1	3,8	4,2	4,5	4,8	5,0	5,1	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0	6,0	6,1	6,2	6,2	
13	3,1	3,7	4,2	4,5	4,7	4,9	5,0	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	5,9	6,0	6,1	6,1	
14	3,0	3,7	4,1	4,4	4,6	4,8	5,0	5,1	5,2	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	5,9	6,0	6,0	6,0	
15	3,0	3,7	4,1	4,4	4,6	4,8	4,9	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,6	5,7	5,8	5,8	5,9	6,0	
16	3,0	3,6	4,0	4,3	4,6	4,7	4,9	5,0	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,7	5,8	5,8	5,9	5,9	
17	3,0	3,6	4,0	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,7	5,8	5,8	5,8	
18	3,0	3,6	4,0	4,3	4,5	4,7	4,8	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,4	5,5	5,6	5,6	5,7	5,7	5,8	
19	3,0	3,6	4,0	4,3	4,5	4,6	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,5	5,6	5,6	5,7	5,8	
20	3,0	3,6	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,4	5,5	5,6	5,6	5,7	5,7	
24	2,9	3,5	3,9	4,2	4,4	4,5	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,2	5,3	5,4	5,4	5,5	5,6	5,6	
30	2,9	3,5	3,8	4,1	4,3	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,2	5,3	5,4	5,4	5,5	5,6	
40	2,9	3,4	3,8	4,0	4,2	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,2	5,3	5,3	5,4	5,4	
60	2,8	3,4	3,7	4,0	4,2	4,3	4,4	4,6	4,6	4,7	4,8	4,9	4,9	5,0	5,1	5,1	5,2	5,2	5,2	
120	2,8	3,4	3,7	3,9	4,1	4,2	4,4	4,5	4,6	4,6	4,7	4,8	4,8	4,9	5,0	5,0	5,0	5,1	5,1	
∞	2,8	3,3	3,6	3,9	4,0	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,6	4,7	4,7	4,8	4,8	4,8	4,9	5,0	5,0	

Рисунок 3 – Таблица для определения степеней свободы

Далее устанавливаем наличие статистически значимых отличий между значениями роста цветочной рассады, выращенной в разных образцах почвенных смесей. Если

наблюдаемое значение критерия Тьюки, рассчитанное по формуле 4, будет больше значения критической точки, то наблюдается наличие статистически значимых различий.

$$\text{Критерий}_\text{Тьюки} = \frac{|cp.x - cp.y|}{\sqrt{\frac{MSR}{n}}} \quad (4)$$

Результаты исследования и их обсуждение

В результате анализа мы установили, что наличие статистически значимой разницы между ростом цветочной рассады наблюдается на всех парах образцов почвенных смесей.

Заключение

Данное исследование не берет во внимание другие важные факторы, такие как, освещенность, температурный режим при выращивании, качество полива рассады, которые имеют долю влияния 21,00%, судя по результатам однофакторного дисперсионного анализа. Но, исследуемые образцы рассады выращивались вместе в абсолютно идентичных условиях. Внимание акцентируется только на составе почвенной смеси. В ходе исследования получены данные, которые позволяют сделать вывод о том, что между всеми парами образцов рассады, выращенной на различных почвенных субстратах, есть статистически значимые отличия в контексте влияния состава выбранных нами почвенных смесей на рост рассады петунии крупноцветковой Дуве Блю (*petunia grandiflora* Duvet Blue).

Проводимое исследование имеет большой потенциал для дальнейших изучений с целью определить оптимальный состав почвенной смеси для выращивания цветочной рассады в тепличных комплексах предприятий, специализирующихся на выращивании и реализации цветочной рассады.

Список литературы

1. Лучшая научно-исследовательская работа 2023: сборник статей IV Международного научно-исследовательского конкурса / под общ. ред. Г.Ю. Гуляева – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2023. – 66 с. – С. 14-19.
2. Результаты замеров роста рассады бегонии вечноцветущей зеленолистной. Адрес URL: https://www.zelenstroy-anapa.com/zamer_petunia_rost (дата обращения 02.02.2024).
3. Использование пакета анализа. Поддержка Microsoft Excel. [Электронный ресурс]. Адрес URL: <https://support.microsoft.com/ru-ru/office/использование-пакета-анализа-6c67ccf0-f4a9-487c-8dec-bdb5a2cefab6>. (дата обращения: 02.02.2024).
4. Post Hoc анализ: Процесс и типы тестов. Адрес URL: <https://mindthegraph.com/blog/ru/post-hoc-тест> (дата обращения 02.02.2024).

References

1. The best research paper 2023: collection of articles of the IV International Research Competition / Under the general editorship of G.Y. Gulyaev – Penza: ICNS "Science and Education". – 2023. – 66 p. С. 14-19.
2. Results of measurements of the growth of seedlings of the ever-flowering green-leaved begonia. URL address: https://www.zelenstroy-anapa.com/zamer_petunia_rost (accessed 02.02.2024).
3. Using the analysis package. Microsoft Excel support. [electronic resource]. URL: <https://support.microsoft.com/ru-ru/office/использование-пакета-анализа-6c67ccf0-f4a9-487c-8dec-bdb5a2cefab6> . (date of access: 02.02.2024).
4. Post Hoc analysis: Process and types of tests. URL address: <https://mindthegraph.com/blog/ru/post-hoc-тест> (accessed 02.02.2024).