

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Кафедра агрохимии

О. И. Мишура, И. Р. Вильдфлуш

МЕТОДЫ АГРОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

*Методические указания по выполнению курсовой работы
для студентов, обучающихся по специальности
1-74 02 05 Агрохимия и почвоведение*

Горки
БГСХА
2022

УДК 63:54(072)

*Рекомендовано методической комиссией
агроэкологического факультета.
Протокол № 6 от 24 февраля 2021 г.*

Авторы:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *О. И. Мишура*;
доктор сельскохозяйственных наук, профессор *И. Р. Вильдфлуш*

Рецензенты:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *И. В. Ковалева*;
кандидат сельскохозяйственных наук *Е. Ф. Валейша*

Методы агрохимических исследований : методические указания по выполнению курсовой работы / О. И. Мишура, И. Р. Вильдфлуш. – Горки : БГСХА, 2022. – 32 с.

Приведен примерный план написания курсовой работы. Даны пояснения по обработке результатов исследования дисперсионным и корреляционным методами анализа. Изложена методика расчета окупаемости удобрений, сбора сырого белка, выноса, коэффициентов использования элементов питания из удобрений, выхода переваримого протеина.

Для студентов, обучающихся по специальности 1-74 02 05 Агрохимия и почвоведение.

© УО «Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2022

ВВЕДЕНИЕ

Курсовая работа выполняется по индивидуальным заданиям. Основная цель работы – научиться творчески применять теоретические знания по методам агрохимических исследований и смежным дисциплинам в практической работе по изучению в конкретных условиях различных вопросов питания растений и рационального применения удобрений.

При выполнении курсовой работы нужно не только показать уровень профессиональной подготовки по разработке программы, методике и технике закладки и проведения полевых и вегетационных опытов в строгом соответствии с целями и задачами полученного задания, научиться обрабатывать, обобщать экспериментальные данные и делать выводы, но и овладеть практическими квалификационными приемами и навыками.

Общим требованием к курсовой работе является четкое и последовательное изложение конкретного материала, заканчивающееся обоснованными выводами и предложениями. В последующем эти материалы могут быть использованы при написании дипломной работы.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: учеб. / Б. А. Доспехов. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
2. Зоотехнический анализ кормов: учеб. пособие / Е. А. Петухова [и др.]. – Москва: Агропромиздат, 1989. – 239 с.
3. Практикум по агрохимии: учеб. пособие / Б. А. Ягодин [и др.]; под ред. Б. А. Ягодина. – Москва: Агропромиздат, 1998. – 513 с.
4. Практикум по агрохимии / В. Г. Минеев, В. Г. Сычев, О. А. Амелянчик [и др.]; под ред. В. Г. Минеева. – Москва: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.
5. Пискунов, А. С. Методы агрохимических исследований: учеб. пособие / А. С. Пискунов. – Москва: КолосС, 2004. – 312 с.
6. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]; под ред. В. В. Лапа. – Минск: Белорус. наука, 2007. – 389 с.
7. Агрохимия. Практикум: учеб. пособие / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша, С. П. Кукреша. – Минск: ИВЦ Минфина, 2010. – 368 с.
8. Агрохимия. Учебная практика: учеб.-метод. пособие / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша. – Горки: БГСХА, 2018. – 171 с.

1. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Курсовая работа должна включать следующие разделы: введение, обзор литературы, экспериментальную часть, выводы и предложения, список использованной литературы, приложения. Перед введением после титульного листа, помещается оглавление с указанием страниц.

Во введении необходимо дать обоснование темы исследования с указанием вида полевого или модификации вегетационного опыта, показать, в чем заключается новизна и актуальность экспериментов. Кратко охарактеризовать современное состояние изучаемого вопроса с учетом достижений науки и передовой сельскохозяйственной практики.

Обзор литературы составляется на основе изучения первоисточников, посвященных данной теме (учебник, учебные и учебно-методические пособия, монографии, справочники, тематические обзорные или экспериментальные статьи в книгах или журналах). Особое внимание следует обращать на работы, выполненные в аналогичных условиях. Можно привлекать к обсуждению и такие исследования, которые были проведены в других условиях, но логически связаны с данной темой.

Обзор литературы следует начинать с описания более ранних исследований, затем обобщить научные труды последних лет. При этом в статьях могут встречаться противоречивые точки зрения. Студент не должен игнорировать такие работы, а критически анализировать их. В конце обзора требуется сделать заключение о степени изученности вопроса, отметить наличие (или отсутствие) противоречий и показать необходимость проведения дальнейших исследований.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В экспериментальную часть, как правило, входят следующие под-разделы:

1. Формулировка задач, разрешаемых путем проведения полевых или вегетационных опытов.

2. Краткое изложение значения выбранных методов в агрохимических исследованиях.

3. Условия и методика проведения полевого опыта и программа исследований.

При описании условий и методики проведения исследований необходимо:

1) привести схему опыта с указанием размера и формы делянок, защитных полос, числа повторений и повторностей, вариантов исследований, в том числе контрольных. Отметить, к какой категории по классификации относится анализируемый опыт (одно- или многофакторный, краткосрочный или стационарный и т. д.);

2) обосновать выбор и подготовку участка для закладки полевого опыта (типичность и однородность почвенных, климатических агротехнических условий, требования к микрорельефу местности, описание предшествующей агротехники и истории опытного участка, необходимость проведения уравнительных и рекогносцировочных посевов);

3) на рисунке показать план расположения опыта на территории с указанием способа размещения вариантов на делянках внутри каждого повторения (случайное, систематическое), размеры и площадь опытных делянок, защитных полос, дорог и всего опытного участка;

4) привести детальную характеристику почвы опытного участка (тип, подтип и разность почвы, гранулометрический состав, содержание гумуса и мощность пахотного горизонта, кислотность, сумма поглощенных оснований, емкость поглощения, степень насыщенности почв основаниями, содержание подвижных форм фосфора, калия и другие показатели);

5) описать метеорологические условия тех лет, когда проводились исследования (количество выпавших осадков, температура помесячно в сравнении со среднесезонными данными). Эти данные можно взять на ближайшей метеостанции. Важно вести наблюдения за резкими изменениями погоды, оказывающими сильное влияние на рост и развитие растений (засуха, ливни, град и т. п.).

Данные метеонаблюдений служат для обоснования изменений в росте и развитии растений и представляются в курсовой работе в виде таблиц или диаграмм;

б) особое внимание необходимо уделить расчету доз удобрений на делянку, срокам и способам их внесения. Подробно охарактеризовать виды, формы и качество удобрений, применяемых в опыте. Показать количество удобрений, внесенных на каждую делянку (кг) или сосуд (г). Дозы удобрений на делянку в полевом опыте рассчитывают по формуле

$$H = \frac{A \cdot S \cdot 100}{10000 \cdot B} = \frac{A \cdot S}{100 \cdot B},$$

где H – масса удобрений на одну делянку, кг;

S – площадь опытной делянки, м²;

A – доза элемента питания по схеме опыта, кг/га;

B – содержание элемента питания в удобрении, %.

Рассчитанное количество удобрений, приходящееся на элементарную делянку, лучше всего отразить в таблице (например, таблица 2.1).

Таблица 2.1. – Внесение удобрений на опытные делянки

| Вариант опыта | Вид и форма удобрений | Содержание действующего вещества, % | Внесено на делянку, кг | | Время внесения |
|---------------|-----------------------|-------------------------------------|------------------------|-------------------|----------------|
| | | | питательных веществ | в форме удобрений | |
| | | | | | |

Указать сроки, способы внесения и заделки удобрений в экспериментах по годам исследований;

7) описать агротехнику возделывания сельскохозяйственных культур (сорт, норма высева, способ посева и уход за посевами в соответствии с интенсивной технологией возделывания изучаемой культуры);

8) перечислить сопутствующие наблюдения и исследования. Автор курсовой работы должен разработать программу наблюдений и анализов. В программе исследований должны быть четко сформулированы качественные (визуальные) и количественные анализы, сопутствующие наблюдения и исследования.

При изложении сопутствующих наблюдений отмечают конкретные периоды наступления определенных фаз развития культуры и необходимые измерения и учеты растений с указанием методов учетов и анализов, данные фитопатологических наблюдений – поражаемость культуры болезнями, вредителями, а в полевых условиях – засоренность посевов. Указывают сроки, методику и технику отбора почвенных и растительных образцов и методы, которые будут использованы для определения тех или иных показателей (белка, крахмала, сахаров, жира, клетчатки и т. д.);

9) при изучении методики учета урожая описывают методику подготовки опыта к учету урожая, отмечают, как при необходимости делаются выключки или выбраковки целых делянок. Указывают способ уборки (механизированный или ручной) и метод учета урожая (сплошной или по пробному снопу), выбранный автором.

3. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЫТА

Прежде чем приступить к статистической обработке результатов, необходимо привести урожай зерновых и зернобобовых культур к стандартной влажности и 100%-ной чистоте по формуле

$$X = \frac{y(100-B_1)(100-C)}{100(100-B_2)},$$

где X – урожайность зерна при стандартной влажности и 100%-ной чистоте;

Y – урожайность с фактической влажностью зерна при уборке, %;

B_1 – фактическая влажность при уборке, %;

B_2 – стандартная влажность зерна (14 %);

C – засоренность зерна, %.

Урожайность соломы льна приводят к 19%-ной влажности по формуле

$$X = \frac{Y(100+B_2)}{(100+B_1)},$$

где X – урожайность соломы при влажности 19 %, ц/га;

Y – урожайность соломы при фактической влажности, ц/га;

B_1 – фактическая влажность соломы, %;

B_2 – влажность, к которой приводится солома (19 %).

Урожайность семян льна приводят к 12%-ной влажности по той же формуле, что и для зерновых культур.

Урожайность сена однолетних и многолетних трав приводят к 16%-ной влажности по формуле

$$X = Y(100 - B) : 84,$$

где X – урожайность сена при влажности 16 %, ц/га;

Y – урожайность зеленой массы трав, ц/га;

B – влажность зеленой массы при взвешивании, %;

84 – коэффициент пересчета на 16%-ную влажность.

Далее урожайные данные выписывают по повторностям и проводят их статистическую обработку.

3.1. Обработка результатов опыта методом дисперсионного анализа

Математическая обработка результатов опыта позволяет определить границы возможных случайных колебаний полученных урожайных данных, т. е. установить достоверность различий между вариантами опыта. Метод дисперсионного анализа разработан и введен в практику сельскохозяйственных исследований английским ученым Р. А. Фишером. Он может быть использован для обработки однофакторных и многофакторных опытов.

В любом эксперименте изучаемый признак варьирует под влиянием организованных и случайных факторов. В полевом опыте с удобре-

ниями изменчивость поделяночных урожаев может быть обусловлена тремя причинами:

1) действием изучаемого фактора (виды, сроки, дозы, формы, способы внесения удобрений и т. д.) – рассеяние по вариантам;

2) неоднородностью почвенного плодородия по повторениям – рассеяние по повторениям;

3) случайными причинами (индивидуальная изменчивость растений, неточность измерений и т. д.).

Таким образом, общее варьирование можно разложить на три части:

$$C_y = C_v + C_p + C_z,$$

где C_y – сумма квадратов отклонений общего рассеяния;

C_v – сумма квадратов отклонений рассеяния вариантов;

C_p – сумма квадратов отклонений рассеяния повторений;

C_z – сумма квадратов остаточного рассеяния.

Определение случайного рассеяния C_z , возникающего из-за случайных ошибок, и составляет важнейшую задачу дисперсионного анализа. Оно находится вычитанием из общего рассеяния по вариантам и повторностям.

При проведении математической обработки методом дисперсионного анализа число степеней свободы следующее:

для общего рассеяния

$$V_y = n \cdot \ell - 1;$$

для рассеяния вариантов

$$V_v = \ell - 1;$$

для рассеяния повторностей

$$V_p = n - 1;$$

для остаточного рассеяния

$$V_z = (\ell - 1)(n - 1),$$

где ℓ – число вариантов;

n – число повторений;

$n \cdot 1$ – общее число делянок в опыте.

Имея сумму квадратов отклонений и число степеней свободы вариантов, повторений и остатка, вычисляют их средние квадраты (дисперсию):

$$S_v^2 = \frac{C_v}{\ell - 1};$$

$$S_p^2 = \frac{C_p}{n - 1};$$

$$S_z^2 = \frac{C_z}{(\ell - 1)(n - 1)}.$$

Для установления достоверности различий действия изучаемых факторов находят специальный критерий существенности Фишера F . Причем различают F фактическое и F табличное. Фактическое значение критерия равно отношению дисперсии вариантов S_v^2 к случайной дисперсии S_z^2 :

$$F_{\text{факт}} = \frac{S_v^2}{S_z^2}.$$

Теоретическое значение критерия F для принятого уровня значимости находят по таблице (приложение 1). В большинстве случаев избирают 5%-ный, а при более строгом подходе – 1%-ный или даже 0,1%-ный уровень значимости.

Существенность различий в степени вариаций признаков оценивают, сравнивая $F_{\text{факт}}$ и $F_{\text{табл}}$. Если $F_{\text{факт}} \geq F_{\text{теор}}$, то различия между урожаями вариантов опыта в целом существенны. Если же $F_{\text{факт}} < F_{\text{теор}}$, то опыт в целом недостоверен, и тогда нет смысла оценивать частные результаты опыта.

Далее находят:

квадратическое отклонение

$$S = \pm \sqrt{S_z^2};$$

обобщенную ошибку средних урожаев в опыте:

$$S_x = \frac{S}{\sqrt{n}},$$

где n – число повторностей;
коэффициент вариации (%)

$$V = \frac{100 \cdot S}{x},$$

который является относительным показателем изменчивости. Изменчивость принято считать незначительной, если коэффициент вариации не превышает 10 %, средней, если он находится в пределах 10–20 %, и значительной – 20 %.

Относительная ошибка выборочной средней выражается в процентах от средней арифметической (ее иногда называют точностью):

$$S_{\bar{x}} = \frac{100 \cdot S_{\bar{x}}}{x}.$$

Ошибка разности находят по формуле

$$S_d = 1,414 \cdot S_{\bar{x}}.$$

Наименьшую существенную разность определяют по формуле

$$HCP_{05} = t_{05} \cdot S_d.$$

Величина критерия t зависит от принятого уровня значимости и числа свободы остатка: $(\ell - 1)(n - 1)$. Ее находят по таблице (приложение 2). Если разность между сравниваемыми вариантами больше или равна HCP, то она существенна, а если меньше, то несущественна.

При использовании дисперсионного анализа в практике экспериментальной работы существенность разности между средними величинами урожайности по вариантам опыта чаще всего определяется по HCP₀₅. Для ориентировочных расчетов можно использовать упрощенный показатель $3S_{\bar{x}}$ (утроенную ошибку средних урожаев). Утроенная ошибка средних урожаев будет равняться HCP₀₅ при числе степеней свободы для остатка $V_i \geq 16$. Если число степеней свободы остатка менее 16, то использование утроенной ошибки для оценки разности между средними величинами нерационально. В этом случае В. Н. Перегудов рекомендует использовать нижеприведенные коэффициенты (таблица 3.1).

Таблица 3.1. – Коэффициенты определения существенности разницы между средними величинами

| Остаточное число степеней свободы | 2 | 3 | 4 | 5 | 6–7 | 8–9 | 10–12 | 13–15 | 16 и более |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------------|
| Коэффициент при $S_{\bar{x}}$ | 6,08 | 4,50 | 3,93 | 3,64 | 3,40 | 3,23 | 3,11 | 3,04 | 3,00 |

Дисперсионный анализ многофакторного опыта проводят в два этапа. Первый этап – разложение общего варьирования на варьирование вариантов, повторений и остаточное:

$$C_y = C_v + C_p + C_z.$$

Вначале вычисление проводят так же, как и для однофакторного опыта: исходные данные урожаев по повторностям заносят в таблицу урожаев, определяют суммы и средний урожай в опыте. Далее вычисляют суммы квадратов отклонений от общего варьирования C_y , варьирования повторений и остатка.

На втором этапе сумму квадратов отклонения для вариантов разлагают на компоненты, соответствующие источникам варьирования, – главные эффекты изучаемых факторов и их взаимодействие. В двухфакторном опыте $C_v = C_A + C_B + C_{AB}$; в трехфакторном $C_v = C_A + C_B + C_C + C_{AB} + C_{BC} + C_{ABC}$. Таким образом, обработка результатов многофакторного опыта значительно усложняется.

Оценку существенности действия и взаимодействия факторов делают вначале по критериям Фишера F . Причем в двухфакторном опыте для оценки рассчитывается критерий Фишера в отдельности для фактора A , фактора B и их взаимодействия. Для оценки существенности частных различий определяют 3 НСР для факторов A , B , AB (взаимодействий). Статистическая обработка многофакторных опытов, как правило, проводится на ЭВМ по соответствующим программам.

При проведении вегетационных опытов в сосудах поддерживаются одинаковые условия произрастания опытных растений. Поэтому при обработке результатов вегетационного опыта, в отличие от полевого, варьирование урожаев в сосудах вегетационного опыта раскладывают на две, а не на три части:

$$C_y = C_v + C_z,$$

где C_y – сумма квадратов общего рассеяния;

C_v – сумма квадратов рассеяния вариантов;

C_z – сумма квадратов случайного или остаточного рассеяния.

В целом математическая обработка результатов вегетационного опыта несколько упрощается.

Порядок обработки данных методом дисперсионного анализа без использования компьютерной техники приведен ниже на примере однофакторного полевого опыта с картофелем (таблицы 3.2–3.5).

1. Составляют таблицу (таблица 3.2), в которую вносят поделяночные урожаи (ц/га) с точностью до 0,1 ц, если урожай не превышает

100 ц/га, и с точностью до 1 ц, если он больше 100 ц/га. Общий принцип таков: основная масса чисел должна быть трехзначной; если урожай выражается в целых двузначных числах, то все же его следует указывать трехзначными, ставя после запятой 0. Например, 56,0, а не 56. Этим показывают, что данное число вычислено с точностью до 0,1 ц/га.

2. Вычисляют суммы: по вариантам опыта (S), по повторностям (P) и общую сумму всех поделочных урожаев (Q) (последнюю для проверки вычисляют дважды: как сумму величин S и как сумму величин P (таблица 3.2).

3. Вычисляют средние по вариантам путем деления соответствующих S на повторность (в нашем примере на 6). Средние выписывают с тем же числом знаков, что и первоначальные данные, причем пользуются таким правилом округления: цифры 1, 2, и 4 отбрасывают, а цифры 5, 6, 7, 8, 9 дополняют до единицы предшествующего знака. Делением общей суммы урожаев Q на число делянок опыта $n \cdot \ell$ получают средний урожай опыта x :

$$\bar{x} = Q : n \cdot \ell = 20492 : 60 = 342.$$

4. Выбирают произвольное начало, за которое проще взять округленное для удобства вычислений среднее значение из максимального и минимального чисел (таблица 3.2). В нашем примере $A = (440 + 220) : 2 = 330$. Затем составляют таблицу отклонений поделочных урожайных данных от произвольного начала, ставя знак минус, если урожай меньше произвольного начала.

Таблица 3.2. – Урожайность картофеля, ц/га

| Вариант опыта | Повторность | | | | | | S | Средний |
|----------------|-------------|------|------|------|------|------|-------------|-----------------|
| | I | II | III | IV | V | VI | | |
| Контроль | 240 | 262 | 273 | 248 | 263 | 220 | 1506 | 251 |
| PK | 260 | 289 | 302 | 270 | 280 | 309 | 1710 | 285 |
| NP | 320 | 355 | 364 | 280 | 293 | 257 | 1869 | 312 |
| NK | 322 | 370 | 368 | 312 | 280 | 298 | 1950 | 325 |
| NPK | 328 | 346 | 378 | 290 | 327 | 295 | 1964 | 327 |
| Навоз, 40 т/га | 362 | 371 | 384 | 320 | 360 | 327 | 2124 | 354 |
| Навоз + PK | 358 | 380 | 406 | 378 | 360 | 340 | 2222 | 370 |
| Навоз + NP | 365 | 393 | 410 | 389 | 375 | 355 | 2287 | 381 |
| Навоз + NK | 385 | 409 | 422 | 405 | 390 | 371 | 2382 | 397 |
| Навоз + NPK | 401 | 425 | 440 | 419 | 407 | 386 | 2478 | 415 |
| P | 3341 | 3600 | 3747 | 3311 | 3335 | 3158 | $Q = 20492$ | $\bar{x} = 342$ |

5. Подсчитывают, как и в таблице 3.2, суммы: S – отклонений по вариантам, P – отклонений по повторениям и Q – общую сумму всех поделяночных отклонений. Необходимо сделать проверку: если к величине S или P (таблица 3.3) прибавить произвольное начало, умноженное на число суммируемых чисел, т. е. на n (повторность) или на 1 (число вариантов), то должны получиться соответствующие S и P таблицы 3.3. Так, для варианта «контроль» имеем $330 \cdot 6 - 473 = 1506$. Если это равенство нарушено, то необходимо в соответствующем месте проверить данные таблицы 3.2.

Таблица 3.3. – Отклонение от произвольного начала поделяночных урожаев

| Вариант опыта | Повторность | | | | | | S |
|---------------|-------------|-----|-----|-----|-----|------|------|
| | I | II | III | IV | V | VI | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Контроль | -90 | -68 | -57 | -82 | -67 | -110 | -474 |
| PK | -70 | -11 | -28 | -60 | -50 | -21 | -270 |
| NP | -10 | -25 | -34 | -50 | -37 | -73 | -111 |
| NK | -8 | 40 | 38 | -18 | -50 | -32 | -30 |
| NPK | -2 | 16 | 48 | -40 | -3 | -35 | -16 |

Окончание таблицы 3.3

| | | | | | | | |
|----------------|----|-----|-----|-----|----|------|-----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Навоз, 40 т/га | 32 | 41 | 54 | -10 | 30 | -3 | 144 |
| Навоз + PK | 28 | 50 | 76 | 48 | 30 | 10 | 242 |
| Навоз + NP | 35 | 63 | 80 | 59 | 45 | 25 | 307 |
| Навоз + NK | 55 | 79 | 92 | 75 | 60 | 41 | 402 |
| Навоз + NPK | 71 | 95 | 110 | 89 | 77 | 56 | 498 |
| P | 41 | 300 | 447 | 11 | 35 | -142 | $Q = 692$ |

6. Составляют таблицу 3.4, в которую в соответствующем порядке вносят квадраты чисел из таблицы 3.3 (квадраты как положительных, так и отрицательных чисел положительны).

7. Суммируют квадраты поделяночных отклонений по столбцам (строка $\sum y^2$ в таблице 3.4), которые, в свою очередь, так же суммируют и получают общую сумму квадратов. У нас $\sum(\sum y^2) = 185132$. Точно так же суммируют величины S^2 и находят $\sum S^2 = 894210$ и величину P^2 для получения $\sum P^2 = 313000$. Наконец, возводят в квадрат величину Q (таблица 3.4) и получают Q^2 – квадрат общей суммы всех поделяночных отклонений от произвольного начала.

Для этих вычислений (пп. 6, 7) нет никакого другого способа проверки, кроме проведения всей работы дважды, лучше двумя лицами, с сопоставлением результатов на отдельных этапах работы. Проверка необходима, так как небольшая ошибка может в сильнейшей степени исказить дальнейшие результаты.

Таблица 3.4. – Квадраты отклонений поделяночных урожаев от производного начала

| Вариант опыта | Повторность | | | | | | $\sum y^2$ | s^2 |
|----------------|-------------|-------|-------------------|-------|-------|-------|---------------------------|---------------------|
| | I | II | III | IV | V | VI | | |
| Контроль | 8100 | 4624 | 3249 | 6724 | 4489 | 12100 | 39286 | 24676 |
| PK | 4900 | 1681 | 784 | 3600 | 2500 | 441 | 13906 | 72900 |
| NP | 100 | 625 | 1156 | 2500 | 1369 | 5329 | 11079 | 12321 |
| NK | 64 | 1600 | 1444 | 324 | 2500 | 1024 | 6956 | 900 |
| NPK | 4 | 256 | 2304 | 1600 | 9 | 1225 | 5398 | 259 |
| Навоз, 40 т/га | 1024 | 1681 | 2916 | 100 | 900 | 9 | 6630 | 20736 |
| Навоз + PK | 784 | 2500 | 5776 | 2304 | 900 | 100 | 12364 | 58564 |
| Навоз + NP | 1225 | 3969 | 6400 | 3481 | 2025 | 625 | 17725 | 94249 |
| Навоз + NK | 3025 | 6241 | 8464 | 5625 | 3600 | 1681 | 28636 | 161604 |
| Навоз + NPK | 5041 | 9025 | 12100 | 7921 | 5929 | 2136 | 42152 | 248004 |
| $\sum y^2$ | 24267 | 32202 | 44593 | 34179 | 24221 | 24670 | $\sum(\sum y^2) = 185132$ | $\sum s^2 = 694213$ |
| P^2 | 1681 | 90000 | $\frac{19980}{9}$ | 121 | 1225 | 20167 | $\sum P^2 = 313000$ | $Q^2 = 478864$ |

8. Полученные результаты выписывают в таком порядке:

$$\begin{aligned}
 n \cdot \ell &= 60, & \sum(\sum y^2) &= 185132; \\
 n &= 6, & \sum P^2 &= 313000; \\
 \ell &= 10, & \sum s^2 &= 894210; \\
 & & Q^2 &= 478864.
 \end{aligned}$$

На основании этих показателей по формулам определяют: сумму квадратов общего рассеяния

$$[(n \cdot \ell \cdot \sum(\sum y^2) - Q^2) : n \cdot \ell = (60 \cdot 185132 - 478864) : 60 = 177151,$$

$$\text{число степеней свободы } n \cdot \ell - 1 = 60 - 1 = 59;$$

сумму квадратов рассеяния повторностей

$$n \cdot \sum P^2 - Q^2 : n \cdot \ell = (6 \cdot 313000 - 478864) : 60 = 23319,$$

$$\text{число степеней свободы } n - 1 = 6 - 1 = 5;$$

сумму квадратов рассеяния вариантов

$$(\ell \cdot \sum S^2 - Q^2) : n \cdot \ell = (10 \cdot 894210 - 478864) : 60 = 141054,$$

число степеней свободы $\ell - 1 = 10 - 1 = 9$.

9. Составляют таблицу анализа рассеяния (таблицу 3.5), в которую в соответствующие графы первых трех строк выписывают только что вычисленные величины; последнюю строку заполняют, вычитая из общего сумму повторений и вариантов.

Таблица 3.5. – Анализ рассеяния

| Вид рассеяния | Сумма квадратов | Степени свободы | Средний квадрат | $F_{\text{факт}}$ | $F_{\text{табл}}$ |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| Общее | 177151 | 59 | – | – | – |
| Повторений | 23319 | 5 | – | – | – |
| Вариантов | 141054 | 9 | 15673 | 55,2 | 2,10 |
| Остаточное | 12778 | 45 | 284 | – | – |

Затем находят средние квадраты для вариантов и для остатка путем деления соответствующих сумм квадратов на соответствующие числа степеней свободы. Находят квадрат, для вариантов он равен $141054 : 9 = 15673$, а для остатка – $12778 : 45 = 284$. Далее путем деления среднего квадрата рассеяния вариантов на средний квадрат остаточного рассеяния находят $F_{\text{факт}}$, равное $15673 : 284 = 55,2$. По таблице 3.4 при числе степеней свободы для вариантов $\nu = 9$ и для остатка $\nu_2 = 45$ при уровне значимости 0,05 находят $F_{\text{табл}}$, равное 2,10. Поскольку у нас $F_{\text{факт}}$ больше $F_{\text{табл}}$, то различия между вариантами существенны и можно проводить оценку частных различий (приложение 1).

10. Для характеристики точности опыта проводят следующие вычисления.

Из величины S^2 (остаточный средний квадрат) извлекают корень.

В нашем случае $S = \sqrt{284} = 16,9$ ц/га. Величина S (среднее квадратическое отклонение) – характеристика ошибки урожая с единичной делянки в среднем по всему опыту.

По формуле $S_x = \frac{S}{\sqrt{n}}$ находят ошибку средних урожаев (также в

среднем по всему опыту). У нас $S_x = \frac{16,9}{\sqrt{6}} = 6,9$ ц/га.

Вычисляют коэффициент вариации $V = \frac{100 \cdot S}{x}$, который характеризует ошибку единичного наблюдения в процентах от среднего урожая. В нашем примере

$$V = \frac{100 \cdot 16,9}{342} = 4,9 \%$$

Определяют относительную ошибку средней величины (иногда ее называют точностью опыта):

$$S_x = \frac{100 \cdot S_x}{x} = \frac{100 \cdot 6,9}{342} = 2,0 \%$$

11. Для установления достоверных различий между средними урожаями различных вариантов находят:

а) ошибку разности $S_d = S_x \cdot \sqrt{2} = 1,414 \cdot S_x = 1,41 \cdot 6,9 = 9,7$ ц/га;

б) наименьшую существенную разность (НСР). Если в опыте ℓ вариантов, то можно найти $\frac{\ell(\ell-1)}{2}$ разностей между средними урожаями

вариантов, среди которых могут быть существенные и несущественные разности. Критерий НСР $= t \cdot S_d$ указывает предельную ошибку для разности двух выборочных средних. Если фактическая разность $d >$ НСР, то она существенна, достоверна, а если $d <$ НСР, то она несущественна, недостоверна.

В зависимости от принятого нами в работе уровня значимости 5 %, 1 % или 0,1%-ного при НСР и t указаны показатели уровня значимости $НСР_{05} = t_{05} \cdot S_d$; $НСР_{01} = t_{01} \cdot S_d$; $НСР_{001} = t_{001} \cdot S_d$, где t – так называемый критерий достоверности Стьюдента, стандартные значения его находят по специальным таблицам (приложение 2). Величина критерия t зависит от числа степеней свободы для остаточного рассеяния ν_z и от принятого уровня значимости P_1 . В нашем примере для числа степеней свободы остаточного рассеяния $\nu_z = 45$ по приложению 2 находим при $P_1 = 0,05$ критерий достоверности $t_{05} = 2,0$, тогда, подставляя в формулу $НСР_{05} = t_{05} \cdot S_d$ найденные числовые значения, получаем $НСР_{05} = 2 \cdot 9,7 = 19,4$ ц/га.

Следовательно, все разности между средними урожаями по вариантам опыта существенны (достоверны) с вероятностью 95 %, если они равны или больше 19,5 ц, и недостоверны, лежат в пределах ошибки опыта, если меньше этой величины.

12. В случае выпадения некоторых делянок пустые клетки таблицы 3.1 заполняют средними данными, вычисленными по остальным повторениям (эти числа, в отличие от фактических, заключают в скобки). Дальнейшую обработку ведут так же, с той только разницей, что в таблице анализа рассеяния общее число степеней свободы снижают на число выпавших делянок, а в результате этого и остаточное число степеней свободы уменьшают на такое же число.

Метод анализа рассеяния можно применять, когда остаточное число степеней свободы $(n - \ell)(\ell - 1)$ будет не менее трех, т. е. когда $n = 4$, а $\ell = 2$ или $n = 2$, а $\ell = 4$.

3.2. Корреляционный и регрессионный анализ

При характеристике количественной связи между явлениями и отдельными признаками следует различать функциональную (полную) и корреляционную (неполную) связь. При функциональной связи за изменением аргумента (независимая переменная) всегда следует строго определенное значение функции (зависимой переменной). Примером функциональной (полной) зависимости может служить сдельная оплата труда: в два раза больше сделал норму, соответственно в два раза больше получишь заработную плату.

При корреляционной, или статистической, связи изменение аргумента на определенную величину дает несколько значений функции. В отличие от функциональной корреляционная зависимость возникает тогда, когда один из признаков зависит не только от данного второго, но и от ряда случайных факторов. В сельскохозяйственном производстве чаще всего мы имеем дело с корреляционной неполной связью между отдельными признаками. Здесь чаще встречаются такие соотношения между переменными, когда каждому значению признака X соответствует не одно, а множество значений признака Y , т. е. их распределение.

Методы корреляции могут быть применимы к измерению связей между признаками (простая, парная корреляция) или измерению между тремя или большим числом признаков (множественная корреляция). При изучении корреляционных связей возникают два вопроса – о тесноте и форме связи. Как при простой (парной), так и при множественной корреляции связь по форме может иметь линейный характер, т. е. выражена линейным уравнением, или криволинейный, когда связь вы-

ражается любым другим математическим уравнением (параболическим и т. д.).

При линейной корреляционной зависимости между двумя признаками Y и X она выражается уравнением прямой линии $y = a + vx$. Это уравнение называется уравнением регрессии Y на X , а соответствующая ему прямая линия – выборочной линией регрессии Y на X .

Когда при одинаковых превращениях аргумента функция имеет неодинаковые изменения, регрессия называется криволинейной.

Для анализа линейной корреляции между признаками X и Y проводят n независимых парных наблюдений, исходным каждого для которых является пара чисел X_1 и Y_1 , X_2 и Y_2 , ..., X_n и Y_n .

В качестве числового показателя простой линейной корреляции, указывающей на тесноту (силу) и направление связи X (аргумента) с Y (функцией), используют коэффициент корреляции, обозначаемый буквой r . Он является безразмерной величиной, изменяющейся в области от -1 до $+1$. Коэффициент корреляции рассчитывают по формуле

$$r = \frac{\sum (X - \bar{x})(Y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (X - \bar{x})^2 \sum (Y - \bar{y})^2}},$$

или, минуя вычисление отклонений и квадратов отклонений, по формуле

$$r = \frac{\sum x \cdot y - (\sum x \cdot \sum y) : n}{\sqrt{[\sum x^2 - (\sum x)^2 : n][\sum Y^2 - (\sum y)^2 : n]}}.$$

Если каждой величине X соответствует только определенная величина Y , то корреляционная связь переходит в функциональную, которую можно считать частным случаем корреляционной. При полных связях, когда корреляционная связь превращается в функциональную, значение коэффициента корреляции равно для положительных или прямых связей $+1$, а для отрицательных или обратных связей -1 . Чем ближе r к $+1$ или -1 , тем теснее прямая линейная корреляционная связь, она ослабевает с приближением r к 0 . Когда $r = 0$, между X и Y нет линейной связи, но криволинейная зависимость может быть. Считается, что при $r < 0,3$ корреляционная зависимость между признаками слабая, при $r = 0,3-0,7$ – средняя, при $r > 0,7$ – сильная.

Для оценки надежности выборочного коэффициента корреляции вычисляют его ошибку и критерий существенности. Стандартную ошибку коэффициента корреляции определяют по формуле

$$S_r = \frac{\sqrt{1-r^2}}{n-2},$$

где S_r – ошибка коэффициента корреляции;

r – коэффициент корреляции;

n – количество пар сравнений, по которым вычислен коэффициент корреляции; это количество уменьшается на 2, так как для получения коэффициента корреляции используются две средние величины двух рядов.

Для оценки степени достоверности или существенности рассчитывают критерий существенности коэффициента корреляции по формуле

$$t_r = \frac{r}{S_r}.$$

Если $t_r \text{ факт} \geq t_{\text{теор}}$, корреляционная связь существенная. Теоретическое значение критерия t находят по таблице Стьюдента, принимая 5%-ный, а при более строгом подходе – 1%-ный уровень значимости. Число степеней свободы принимается равным $n - 2$.

Коэффициент корреляции показывает, насколько согласованно происходит варьирование одного ряда с изменением показаний другого.

Порядок и пример расчета коэффициента корреляции изложены в таблице 3.6 (по данным УО БГСХА).

$$r = \frac{\sum(X - \bar{x})(Y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(X - \bar{x})^2 \sum(Y - \bar{y})^2}} = \frac{9,08}{\sqrt{60,74 \cdot 1,55}} = \frac{9,08}{\sqrt{94,15}} = \frac{9,08}{9,7} = +0,936.$$

Таким образом, связь между урожайностью семян льна-долгунца и их маслячностью прямая сильная.

Стандартная ошибка коэффициента корреляции составляет:

$$S_r = \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}} = \sqrt{\frac{1-0,936^2}{6-2}} = 0,176.$$

Тогда

$$r = +0,936 \pm 0,176.$$

Для оценки степени достоверности связи рассчитывают критерий существенности:

$$t_r = \frac{r}{S_r} = \frac{0,936}{0,176} = 5,318 (t_{\text{факт}}).$$

Таблица 3.6. – Вычисление коэффициента корреляции между урожайностью семян льна-долгунца (X) и содержанием жира в семенах (Y)

| № варианта | Урожайность семян, ц/га (X) | Отклонение от среднего \bar{x} ($X - \bar{x}$) | Квадрат отклонения \bar{x} ($X - \bar{x}$) ² | % жира в семенах льна (Y) | Отклонение от среднего \bar{y} ($Y - \bar{y}$) | Квадрат отклонения \bar{y} ($Y - \bar{y}$) ² | Произведение отклонений \bar{x} ($X - \bar{x}$) ($Y - \bar{y}$) |
|------------|---------------------------------|--|---|-------------------------------|--|---|---|
| 1 | 4,3 | -4,1 | 16,81 | 41,6 | -0,7 | 0,49 | 2,87 |
| 2 | 6,0 | -2,4 | 5,76 | 42,2 | -0,1 | 0,01 | 0,24 |
| 3 | 5,8 | -2,6 | 6,76 | 41,9 | -0,4 | 0,16 | 1,04 |
| 4 | 10,9 | +2,5 | 6,25 | 42,8 | +0,5 | 0,25 | 1,25 |
| 5 | 10,4 | +2,0 | 4,00 | 42,3 | 0,0 | 0,00 | 0,00 |
| 6 | 13,0 | +4,6 | 21,16 | 43,1 | +0,8 | 0,64 | 3,68 |
| Сумма | 50,0 | | $\Sigma(X - \bar{x})^2 = 60,74$ | 253,9 | | $\Sigma(Y - \bar{y})^2 = 1,55$ | $\Sigma(X - \bar{x}) \times (Y - \bar{y}) = 9,08$ |
| Среднее | $\bar{x} = 8,4$ | | | $\bar{y} = 42,3$ | | | |

Так как $t_{\text{факт}} > t_{\text{теор}}$, найденного по таблице Стьюдента (приложение 2) при 0,05 и 0,01 уровнях значимости, то данную корреляционную зависимость следует считать существенной.

Корреляционная зависимость показывает, что степень сопряженности в вариации двух рядов более точно измеряется квадратом коэффициента корреляции (r^2). Квадрат коэффициента корреляции называется коэффициентом детерминации и обозначается d_{yx} . Он показывает долю (%) тех изменений, которые в данном явлении зависят от изучаемого фактора. Например, при $r = 0,8$ не 80 %, а около 64 % изменчивости зависимой переменной Y (результативного признака) связано с изменчивостью независимой переменной X (факториального признака).

Коэффициент корреляции указывает на направление и степень сопряженности в изменчивости признаков, но не позволяет судить о количественной зависимости между изменениями в двух рядах, что важно в практических целях.

В подобных случаях проводят регрессионный анализ. Его основная задача – определить форму корреляционной зависимости, т. е. уравнение прямой линии.

Уравнение линейной регрессии Y по X имеет вид

$$Y = \bar{y} - B_{yx}(X - \bar{x}),$$

где \bar{x} , \bar{y} – средние арифметические для ряда X и Y ;

B_{yx} – коэффициент регрессии Y по X .

Коэффициент регрессии вычисляют по формулам

$$B_{yx} = \frac{\sum(X - \bar{x})(Y - \bar{y})}{\sum(X - \bar{x})^2}; \quad B_{xy} = \frac{\sum(X - \bar{x})(Y - \bar{y})}{\sum(Y - \bar{y})^2}.$$

Коэффициент регрессии – это число, показывающее, в каком направлении и на какую величину изменяется в среднем признак Y (функция) при изменении признака X (аргумента) на единицу измерения. Коэффициенты регрессии имеют знак коэффициента корреляции.

Бывают случаи, когда существует двусторонняя зависимость, и тогда можно находить зависимость величины X от Y и наоборот. Однако в ряде случаев это лишено смысла. Например, мы можем находить зависимость между количеством выпавших осадков и урожаем только одностороннюю, т. е. как урожай зависит от количества осадков. Находить зависимость количества осадков от урожая лишено логического смысла.

Произведение коэффициентов регрессии равно квадрату коэффициентов корреляции:

$$B_{yx} \cdot B_{xy} = r^2.$$

Этой формулой можно пользоваться как проверочной при вычислении коэффициентов регрессии.

Ошибку коэффициента регрессии вычисляют по формулам

$$S_{B_{yx}} = S_r \sqrt{\frac{\sum(Y - \bar{y})^2}{\sum(X - \bar{x})^2}}; \quad S_{B_{xy}} = S_r \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{x})^2}{\sum(Y - \bar{y})^2}}.$$

Критерий существенности коэффициента регрессии определяют по формуле

$$t_B = \frac{B_{yx}}{S_{B_{yx}}}.$$

Критерий существенности для коэффициента корреляции может быть использован и для оценки значимости коэффициента регрессии, так как $t_B = t_r$. Существенность коэффициента регрессии оценивают по таблице Стьюдента, число степеней свободы принимают равным 2.

4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОЛЕВОГО И ВЕГЕТАЦИОННОГО ОПЫТОВ

4.1. Обсуждение результатов полевого опыта

Составляют сводную таблицу, под которой приводят итоговые результаты статистической обработки (таблица 4.1).

Таблица 4.1. – Влияние макро- и микроудобрений на урожайность семян гороха

| Вариант опыта | Урожайность зерна, ц/га | Прибавка к контролю, ц/га | Прибавка к фону, ц/га | Окупаемость 1 кг NPK кг зерна |
|--|-------------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| Без удобрений | 28,6 | – | – | – |
| N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀ | 37,4 | 8,8 | – | 4,6 |
| N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀ + В | 41,6 | 13,0 | 4,2 | 6,8 |
| N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀ + Со | 40,2 | 11,6 | 3,0 | 6,7 |
| N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀ + Мо | 40,3 | 11,7 | 2,9 | 6,2 |
| НСР ₀₅ | 1,2 | | | |

Это позволяет сделать суждение о существенности различий между вариантами опыта, если они превышают значение НСР₀₅. Наряду с урожайными данными следует проанализировать влияние доз или способов внесения удобрений на качество урожая (содержание белка, массы 1000 зерен, крахмала и т. д.).

Более глубоко проанализировать результаты исследований позволяют расчеты окупаемости 1 кг NPK килограммом зерна или каждого элемента в отдельности килограммом продукции (зерна, клубней картофеля и т. д.), выноса питательных веществ и коэффициентов использования из удобрений.

Для расчета окупаемости 1 кг NPK прибавку урожайности в килограммах продукции, полученную за счет применения удобрений, делят на дозу удобрений в этом варианте.

Содержание сырого белка рассчитывают умножением количества общего азота на коэффициент 6,25 для всех культур. Коэффициент перевода белкового азота на белок зависит от содержания азота в белке конкретной группы растений. Коэффициент пересчета белкового азота на белок составляет: сено и зеленая масса трав, корнеплодов и клубне-

плодов, зерно зерновых и зернобобовых, в том числе пивоваренного ячменя – 6,25; зерно овса, ржи – 5,83; зерно пшеницы, ячменя (кроме пивоваренного), семена вики, бобов, гороха – 5,7; гречиха, кукуруза, фасоль – 6,0; семена люпина, льна, подсолнечника и других масличных культур – 5,5.

Для расчета сбора сырого белка (ц/га) содержание сырого белка (%) умножают на урожайность (ц/га) (в сухом веществе) и делят на 100 (таблица 4.2).

Таблица 4.2. – Влияние макро- и микроудобрений на качество семян гороха

| Вариант опыта | Масса 1000 зерен, г | Содержание сырого белка, % | Сбор сырого белка, ц/га |
|--|---------------------|----------------------------|-------------------------|
| Без удобрений | 213,9 | 23,9 | 5,9 |
| N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀ | 214,8 | 26,0 | 8,4 |
| N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀ + B | 217,9 | 26,6 | 9,6 |
| N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀ + Co | 221,4 | 26,9 | 9,3 |
| N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀ + Mo | 221,8 | 27,2 | 9,4 |

Общий вынос питательных элементов рассчитывают по урожайности и результатам анализов (содержанию в основной и побочной продукции питательных элементов) по следующей формуле для каждого элемента (кг д. в.):

$$B = \frac{Y_o C_o (100 - W_o) + Y_n C_n (100 - W_n)}{100},$$

где B – вынос элементов питания, кг/га;

Y_o и Y_n – урожайность основной и побочной продукции при стандартной влажности, ц/га;

C_o и C_n – содержание элемента в основной и побочной продукции, % к абсолютно сухой массе;

W_o и W_n – стандартная влажность основной и побочной продукции.

Вынос питательных элементов на единицу основной продукции с учетом побочной продукции определяют делением хозяйственного выноса элементов питания с общим урожаем на урожайность основной продукции и выражают его в килограммах на 1,10 или 100 ц (зерна, клубней, корнеплодов, сена, волокна, зеленой массы).

По результатам опытов можно рассчитать разностный коэффициент использования элементов питания из удобрений по формуле

$$K_p = \frac{B_y - B_o}{H} 100,$$

где K_p – разностный коэффициент, %;

V_y – вынос элемента питания с урожаем на удобренном варианте, кг/га;

V_o – вынос элемента питания с урожаем в контрольном варианте (без этого элемента или без удобрений), кг/га;

H – норма удобрений в удобренном варианте, кг/га д. в.

Результаты расчетов выноса элементов питания и коэффициентов использования их из удобрений записывают в сводную таблицу (таблица 4.3).

Таблица 4.3. – Вынос элементов питания горохом в зависимости от применения макро- и микроудобрений

| Вариант опыта | Общий вынос элементов питания, кг/га | | | Удельный вынос элементов питания с 10 ц основной и соответствующим количеством побочной продукции, кг | | | Коэффициенты использования из удобрений, % | |
|--|--------------------------------------|-------------------------------|------------------|---|-------------------------------|------------------|--|------------------|
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| Без удобрений | 120,8 | 33,5 | 58,4 | 42,0 | 11,6 | 20,4 | – | – |
| N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀ | 174,6 | 45,9 | 76,0 | 46,5 | 12,3 | 20,6 | 24,8 | 19,6 |
| N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀ + B | 195,6 | 48,9 | 83,6 | 47,0 | 11,7 | 20,6 | 30,8 | 28,0 |
| N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀ + Co | 191,0 | 46,2 | 82,1 | 47,5 | 11,6 | 20,6 | 25,4 | 26,3 |
| N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀ + Mo | 198,8 | 50,3 | 84,5 | 49,8 | 12,3 | 20,8 | 33,6 | 29,0 |

Расчет выхода переваримого протеина и обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином записывают в таблицу (таблица 4.4).

Таблица 4.4. – Влияние макро- и микроудобрений на выход переваримого протеина и обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином семян гороха

| Вариант | Урожайность в к. ед., ц/га | Выход переваримого протеина, ц/га | Обеспеченность 1 к. ед. переваримым протеином, г |
|--|----------------------------|-----------------------------------|--|
| Без удобрений | 40,0 | 5,8 | 145,0 |
| N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀ | 52,4 | 8,3 | 158,4 |
| N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀ + B | 58,2 | 9,5 | 163,2 |
| N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀ + Co | 56,3 | 9,3 | 165,2 |
| N ₅₀ P ₅₀ K ₉₀ + Mo | 56,4 | 9,5 | 168,4 |

Урожайность (к. ед.) рассчитывают, умножая урожайность (ц/га) на коэффициенты для пересчета продукции растениеводства в кормовые единицы (приложение 3).

Выход переваримого протеина рассчитывают, умножая сбор сырого белка (ц/га) на коэффициент переваримости продукции растениеводства (приложение 4).

Для того чтобы определить обеспеченность 1 к. ед. переваримым протеином, необходимо выход переваримого протеина, выраженного в граммах, разделить на урожайность в кормовых единицах (кг/га). Каждая кормовая единица должна быть обеспечена не менее чем 100 г переваримого протеина.

4.2. Постановка и обсуждение результатов вегетационного опыта

При выполнении курсовой работы по данным вегетационного опыта требуется остановиться на значении вегетационного опыта и показать его место в агрохимических исследованиях. Необходимо обосновать выбор используемой модификации вегетационного опыта (почвенной, песчаной, разделенной и другой культуры). Следует также охарактеризовать схему, сформулировать цели и задачи исследований, представить расчет необходимого количества удобрений или описать технику приготовления питательных смесей, остановиться на особенностях выращивания растений при той или иной модификации вегетационного опыта. При помощи расчетов показать, как поддерживается оптимальный водный режим в сосудах.

Обсуждение результатов полевого опыта проводится так же, как и полевого.

5. ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Выводы должны быть конкретными, краткими и вытекать из результатов проведенных исследований. Это итог всей проделанной работы, суть которой должна быть понятна без чтения основного текста.

Выводы излагаются последовательно в виде самостоятельных пунктов в пределах одного абзаца каждый. Они нумеруются по порядку.

После выводов, если позволяют результаты исследований, даются рекомендации производству.

6. ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа должна быть выполнена печатным способом (с использованием компьютера и принтера) на одной стороне листа белой бумаги стандартного формата А4 (210×297 мм) с соблюдением следующих размеров полей: левое – 30 мм, правое – 15 мм, верхнее и нижнее – 20 мм. Текст должен быть четким, отпечатан черным цветом

средней жирности, рекомендуемая гарнитура шрифта – Times New Roman, размер – 14 пт. Плотность текста должна быть одинаковой. Разрешается использовать компьютерные возможности акцентирования внимания на определенных терминах, формулах и др., применяя шрифты различных начертаний.

При оформлении основного текста необходимо использовать следующие параметры абзаца: выравнивание строк – по ширине, отступы слева и справа от текста – 0 пт, отступ первой (красной) строки – 1 см, интервал перед и после абзаца – 0 пт, междустрочный интервал – одинарный, автоматическая расстановка переносов (за исключением заголовков).

Нумерация страниц сквозная. Номер страницы проставляется арабскими цифрами в правом нижнем углу, начиная с 4-го листа (первая страница – титульный лист, вторая – задание курсовой работы, третья страница – оглавление). Рисунки, расположенные на отдельных страницах, список использованной литературы и приложения включают в сквозную нумерацию.

На титульном листе сверху помещаются сведения: «Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь», далее название вуза, факультета, кафедры, затем название темы работы, научный руководитель, фамилия студента, внизу – город и год.

Текст курсовой работы должен быть разделен на главы (разделы). Главы (разделы) делятся на подразделы (параграфы). Главы (разделы) нумеруются арабскими цифрами в пределах всей работы. Подразделы (параграфы) нумеруются арабскими цифрами в пределах всей главы. Все заголовки должны по возможности быть краткими и ясными. Шрифт заголовка должен быть крупнее обычного текста курсовой работы. В конце заголовка точку не ставят. Подчеркивать заголовки и переносить в них слова не допускается. Расстояние заголовка от текста – 10–15 мм.

Текст курсовой работы должен состоять из кратких и понятных предложений. Повествование ведется от неопределенного лица множественного числа. Например: «В задачу наших исследований входило изучение влияния микроудобрений и регуляторов роста на урожайность и качество гороха».

Цифровой материал нужно оформлять в виде таблиц. Таблицу размещают таким образом, чтобы ее можно было читать без поворота работы или с поворотом по часовой стрелке. Содержимое таблицы может быть напечатано шрифтом с размером на 1 пт меньше, чем в основном тексте. Таблицы должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого раздела. Номер таблицы должен состоять из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой, например: таблица 1.2

(вторая таблица первого раздела). На все таблицы должны быть ссылки в тексте работы. При ссылке следует писать слово «таблица» с указанием ее номера. Таблицу следует располагать непосредственно после текста, где она упоминается впервые, или на следующей странице. Каждая таблица должна иметь название, которое должно отражать ее содержание, быть точным и кратким. Название таблицы печатается тем же шрифтом, что и основной текст, и размещается над таблицей слева, без абзацного отступа, через точку и тире после номера таблицы.

Заголовки граф таблиц должны начинаться с прописных букв, подзаголовки – со строчных, если они составляют одно предложение с заголовком, и с прописных, если они самостоятельные. В конце заголовков точки не ставят.

Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другой лист (страницу). При переносе таблиц на другую страницу нужно нумеровать строки, слева над другой частью пишут «Продолжение таблицы» или «Окончание таблицы» и указывают номер таблицы. При этом заголовок указывают только один раз над первой частью. Не допускается размещение содержимого одной ячейки таблицы на двух страницах.

Все иллюстрации (фотографии, схемы, графики и др.) именуется рисунками. Они помещаются сразу после ссылки на них в тексте. Рисунки должны быть подписаны. Подписи к рисункам располагаются под рисунком и печатаются одинаковым шрифтом, четко и лаконично. Рисунки нумеруются последовательно в пределах главы (раздела). Номер рисунка должен состоять из номера главы и порядкового номера рисунка, разделенных точкой, например: «Рисунок 4.2» (второй рисунок четвертой главы).

В список литературы вносят все использованные работы отечественных и зарубежных авторов. При оформлении списка использованных источников их следует располагать одним из следующих способов: в порядке появления ссылок в тексте работы либо в алфавитном порядке фамилий первых авторов (или заглавий). После изложения материала ставится в квадратных скобках порядковый номер появления литературного источника в тексте, который должен соответствовать его номеру в списке литературы. Описание источников, включенных в список, необходимо давать в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1–2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. – Минск: Комитет по стандартизации, метрологии и сертификации при Совете Министров Республики Беларусь, 2004. – 81 с.

Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: учеб. / Б. А. Доспехов. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Величины F на 5%-ном уровне значимости для различных значений числа степеней свободы большего ν_1 и меньшего ν_2 квадратов рассеяния

| ν_2 | ν_1 | | | | | | | | | | | | |
|----------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 12 | 20 | 40 | ∞ |
| 2 | 18,51 | 19,00 | 19,16 | 19,25 | 19,30 | 19,33 | 19,36 | 19,37 | 19,39 | 19,41 | 19,44 | 19,47 | 19,50 |
| 3 | 10,13 | 9,55 | 9,28 | 9,12 | 9,01 | 8,94 | 8,88 | 8,84 | 8,78 | 8,74 | 8,66 | 8,60 | 8,53 |
| 4 | 7,71 | 6,94 | 6,54 | 6,39 | 6,26 | 6,16 | 6,09 | 6,04 | 5,96 | 5,91 | 5,80 | 5,71 | 5,63 |
| 5 | 6,61 | 5,79 | 5,41 | 5,19 | 5,05 | 4,95 | 4,88 | 4,84 | 4,74 | 4,68 | 4,56 | 4,46 | 4,36 |
| 6 | 5,99 | 5,14 | 4,76 | 4,53 | 4,39 | 4,28 | 4,21 | 4,15 | 4,06 | 4,00 | 3,87 | 3,77 | 3,67 |
| 7 | 5,59 | 4,74 | 4,35 | 4,12 | 3,97 | 3,87 | 3,79 | 3,73 | 3,63 | 3,57 | 3,44 | 3,34 | 3,23 |
| 8 | 5,32 | 4,46 | 4,07 | 3,84 | 3,69 | 3,58 | 3,50 | 3,44 | 3,34 | 3,28 | 3,15 | 3,05 | 2,93 |
| 9 | 5,12 | 4,26 | 3,86 | 3,63 | 3,43 | 3,37 | 3,29 | 3,23 | 3,13 | 3,07 | 2,93 | 2,82 | 2,71 |
| 10 | 4,96 | 4,10 | 3,71 | 3,48 | 3,33 | 3,22 | 3,14 | 3,07 | 2,97 | 2,91 | 2,77 | 2,67 | 2,54 |
| 11 | 4,84 | 3,98 | 3,59 | 3,36 | 3,20 | 3,09 | 3,01 | 2,95 | 2,86 | 2,79 | 2,65 | 2,53 | 2,40 |
| 12 | 4,75 | 3,88 | 3,49 | 3,26 | 3,11 | 3,00 | 2,92 | 2,85 | 2,76 | 2,69 | 2,54 | 2,42 | 2,30 |
| 13 | 4,67 | 3,80 | 3,41 | 3,18 | 3,02 | 2,92 | 2,84 | 2,77 | 2,67 | 2,60 | 2,46 | 2,34 | 2,21 |
| 14 | 4,60 | 3,74 | 3,34 | 3,11 | 2,96 | 2,85 | 2,77 | 2,70 | 2,60 | 2,53 | 2,39 | 2,27 | 2,13 |
| 16 | 4,49 | 3,63 | 3,24 | 3,01 | 2,85 | 2,74 | 2,66 | 2,59 | 2,49 | 2,42 | 2,28 | 2,16 | 2,01 |
| 18 | 4,41 | 3,55 | 3,16 | 2,93 | 2,77 | 2,66 | 2,58 | 2,51 | 2,37 | 2,34 | 2,19 | 2,07 | 1,92 |
| 20 | 4,35 | 3,49 | 3,10 | 2,87 | 2,71 | 2,60 | 2,52 | 2,45 | 2,35 | 2,28 | 2,12 | 1,99 | 1,84 |
| 22 | 4,30 | 3,44 | 3,05 | 2,82 | 2,66 | 2,55 | 2,47 | 2,40 | 2,30 | 2,23 | 2,07 | 1,93 | 1,78 |
| 24 | 4,26 | 3,40 | 3,01 | 2,78 | 2,62 | 2,51 | 2,43 | 2,36 | 2,26 | 2,18 | 2,02 | 1,89 | 1,73 |
| 26 | 4,22 | 3,37 | 2,98 | 2,74 | 2,59 | 2,47 | 2,39 | 2,32 | 2,22 | 2,15 | 1,99 | 1,85 | 1,69 |
| 28 | 4,20 | 3,34 | 2,95 | 2,71 | 2,56 | 2,44 | 2,36 | 2,29 | 2,19 | 2,12 | 1,96 | 1,81 | 1,65 |
| 30 | 4,17 | 3,32 | 2,92 | 2,69 | 2,53 | 2,42 | 2,34 | 2,27 | 2,16 | 2,09 | 1,93 | 1,79 | 1,62 |
| 40 | 4,08 | 3,23 | 2,84 | 2,61 | 2,46 | 2,34 | 2,25 | 2,18 | 2,07 | 2,00 | 1,84 | 1,69 | 1,51 |
| 60 | 4,00 | 3,15 | 2,76 | 2,52 | 2,37 | 2,25 | 2,17 | 2,10 | 1,99 | 1,92 | 1,75 | 1,59 | 1,39 |
| 100 | 3,94 | 3,00 | 2,70 | 2,46 | 2,30 | 2,19 | 2,10 | 2,03 | 1,92 | 1,85 | 1,68 | 1,51 | 1,28 |
| ∞ | 3,84 | 2,99 | 2,60 | 2,37 | 2,21 | 2,09 | 2,01 | 1,94 | 1,83 | 1,75 | 1,57 | 1,40 | 1,00 |

Стандартные значения критерия достоверности t (критерий Стьюдента)

| Число степеней свободы (n - 2) | Уровень значимости | | | Число степеней свободы (n - 2) | Уровень значимости | | |
|--------------------------------|--------------------|------|-------|--------------------------------|--------------------|------|-------|
| | 0,05 | 0,01 | 0,001 | | 0,05 | 0,01 | 0,001 |
| 1 | 12,7 | 63,7 | – | 16 | 2,1 | 2,9 | 4,0 |
| 2 | 4,3 | 9,9 | 31,6 | 17 | 2,1 | 2,9 | 4,0 |
| 3 | 3,2 | 5,3 | 12,9 | 18 | 2,1 | 2,9 | 3,9 |
| 4 | 2,8 | 4,6 | 8,6 | 19 | 2,1 | 2,9 | 3,9 |
| 5 | 2,6 | 4,0 | 6,9 | 20 | 2,1 | 2,8 | 3,9 |
| 6 | 2,4 | 3,7 | 6,0 | 21 | 2,1 | 2,8 | 3,8 |
| 7 | 2,4 | 3,5 | 5,3 | 22 | 2,1 | 2,8 | 3,8 |
| 8 | 2,3 | 3,4 | 5,0 | 23 | 2,1 | 2,8 | 3,8 |
| 9 | 2,3 | 3,3 | 4,8 | 24 | 2,1 | 2,8 | 3,7 |
| 10 | 2,2 | 3,2 | 4,6 | 25–28 | 2,1 | 2,8 | 3,7 |
| 11 | 2,2 | 3,1 | 4,4 | 29–30 | 2,0 | 2,8 | 3,7 |
| 12 | 2,2 | 3,1 | 4,3 | 31–34 | 2,0 | 2,7 | 3,7 |
| 13 | 2,2 | 3,0 | 4,1 | 35–42 | 2,0 | 2,7 | 3,6 |
| 14 | 2,1 | 3,0 | 4,1 | 43–62 | 2,0 | 2,7 | 3,5 |
| 15 | 2,1 | 3,0 | 4,0 | 63–175 | 2,0 | 2,6 | 3,4 |
| | | | | 176 и более | 2,0 | 2,6 | 3,3 |

Коэффициенты для пересчета продукции растениеводства в кормовые единицы

| Сельскохозяйственные культуры (основная продукция с учетом побочной) | Коэффициент пересчета |
|---|-----------------------|
| Зерновые и зернобобовые | |
| Все зерновые культуры | 1,44 |
| Озимая пшеница | 1,36 |
| Озимое тритикале | 1,42 |
| Озимая рожь | 1,45 |
| Яровая пшеница | 1,37 |
| Яровое тритикале | 1,41 |
| Ячмень | 1,50 |
| Овес | 1,31 |
| Просо | 0,96 |
| Смесь колосовых | 1,39 |
| Гречиха | 2,19 |
| Горох | 1,40 |
| Кормовые бобы | 1,29 |
| Вика и виковые смеси на зерно | 1,40 |
| Люпин кормовой на зерно | 1,16 |
| Сераделла на зерно | 1,40 |
| Фасоль | 1,17 |
| Прочие зернобобовые | 1,39 |
| Технические культуры | |
| Лен-долгунец: | 2,04 |
| семена | |
| волокно | 7,00 |
| волокно с учетом семян | 8,50 |
| Сахарная свекла (фабричная) | 0,31 |
| Рапс озимый (яровой) на семена | 2,04 |
| Картофель и овощи | |
| Картофель | 0,30 |
| Овощи открытого грунта | 0,13 |
| Кормовые культуры | |
| Кормовые корнеплоды | 0,18 |
| Кукуруза на зеленую массу | 0,20 |
| Силосные культуры без кукурузы | 0,19 |
| Однолетние травы, сенокосы и пастбища: | |
| на сено | 0,49 |
| зеленый корм | 0,18 |
| выпас | 0,18 |
| семена | 12,0 |
| Многолетние травы посева текущего года и прошлых лет: | |
| на сено | 0,51 |
| зеленый корм | 0,21 |
| выпас | 0,21 |
| семена | 12,0 |

Коэффициенты переваримости питательных веществ продукции растениеводства

| Сельскохозяйственные культуры | Коэффициенты переваримости | | | | | |
|--|----------------------------|----------|-------|------|-----------|-----|
| | органического вещества | протеина | белка | жира | клетчатки | БЭВ |
| Пшеница (зерно) | – | 88 | 88 | 65 | 51 | 90 |
| Рожь (зерно) | – | 83 | 83 | 65 | 58 | 92 |
| Ячмень (зерно) | – | 80 | 80 | 75 | 23 | 90 |
| Овес (зерно) | – | 77 | 71 | 80 | 33 | 78 |
| Просо (семена) | – | 80 | 80 | 90 | 33 | 81 |
| Кукуруза (зерно) | – | 72 | 72 | 89 | 59 | 95 |
| Горох (семена) | – | 86 | 86 | 63 | 46 | 93 |
| Кормовые бобы (семена) | – | 87 | 87 | 80 | 58 | 91 |
| Сахарная свекла | – | 79 | 80 | 30 | 49 | 95 |
| Картофель | – | 73 | 64 | 93 | 45 | 93 |
| Свекла кормовая | – | 70 | 42 | 70 | 55 | 98 |
| Зеленый корм | | | | | | |
| Кукуруза в фаз молочно-восковой спелости | 74 | 64 | 65 | 66 | 67 | 76 |
| Клевер | – | 68 | 62 | 58 | 50 | 74 |
| Люпин кормовой | 73 | 80 | 79 | 35 | 61 | 84 |
| Вико-овсяная смесь | – | 74 | 65 | 51 | 56 | 69 |
| Горохо-овсяная смесь | – | 70 | 65 | 68 | 50 | 70 |
| Клеверо-тимфеечная смесь | 71 | 61 | 57 | 53 | 64 | 79 |
| Озимая рожь (зеленая масса) | 71 | 78 | 66 | 46 | 78 | 68 |
| Ежа сборная | 60 | 64 | 60 | 57 | 57 | 61 |
| Сено | | | | | | |
| Клеверное | – | 62 | 55 | 55 | 51 | 69 |
| Клеверо-тимфеечное | – | 54 | 52 | 50 | 49 | 63 |
| Тимофеевки луговой | – | 58 | 53 | 50 | 51 | 61 |

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| Введение..... | 3 |
| Список рекомендуемой литературы..... | 3 |
| 1. Содержание работы..... | 4 |
| 2. Экспериментальная часть..... | 4 |
| 3. Статистическая обработка результатов опыта..... | 6 |
| 3.1. Обработка результатов опыта методом дисперсионного анализа..... | 7 |
| 3.2. Корреляционный и регрессионный анализ..... | 17 |
| 4. Обсуждение результатов полевого и вегетационного опытов..... | 22 |
| 4.1. Обсуждение результатов полевого опыта..... | 22 |
| 4.2. Постановка и обсуждение результатов вегетационного опыта..... | 25 |
| 5. Выводы и предложения..... | 25 |
| 6. Правила оформления курсовой работы..... | 25 |
| Приложения..... | 28 |