

УДК 632.3:633.1

UDC 632.3:633.1

06.00.00 Сельскохозяйственные науки

Agricultural sciences

**МОНИТОРИНГ РАЗВИТИЯ ЭПИФИТОТИИ
Puccinia triticina Rob. ex Desm f. sp.
TRITICI ERIKSS. ET HENN. У СОРТОВ И
ЛИНИЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ****MONITORING OF THE DEVELOPMENT OF
EPIPHYTICS OF *Puccinia triticina*
Rob. ex Desm f. sp. TRITICI ERIKSS. ET
HENN. IN VARIETIES AND LINES OF WINTER
WHEAT**

Бойко Александр Петрович

Boyko Aleksandr Petrovich

к.с.-х.н

Cand.Agr.Sci.

*Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических ресурсов
растений им. Н.И. Вавилова, Филиал Адлерская
опытная станция ВИР (Адлер), Россия*

*Institute of Plant Industry, Vavilov Institute of Plant
Industry Branch of the Adler experiment station of VIR
(Adler), Russia*

aos.vir@mail.ru

aos.vir@mail.ru

ID 277180

ID 277180

В статье рассматриваются подходы к проведению длительных наблюдений т.е. мониторингу иммунологической характеристики сортов озимой пшеницы. В нашей работе для иммунологической характеристики сортов озимой пшеницы по устойчивости к бурой ржавчине на различных этапах онтогенеза используется следующая система оценок: оценка устойчивости в проростках в условиях фитотронно-тепличного комплекса; оценка устойчивости в условиях полевых искусственных инфекционных фонов; иммунологическая оценка на основе фитосанитарного мониторинга в различных экологических зонах. На начальных этапах весь материал проходит предварительное испытание в полевых инфекционных питомниках. Проводится оценка по интенсивности поражения и типу реакции растений на внедрение патогена. Такой подход позволяет в течение года избавиться от восприимчивых генотипов. Для описания распространения ржавчины, т.е. увеличения численности популяций использовали два типа кривых: J-образный и S-образный. В работе рассматривали несколько сортов озимой пшеницы, различающиеся по восприимчивости к бурой ржавчине. Установлено, что увеличение численности популяции бурой ржавчины происходит в условиях с ограниченными пищевыми ресурсами и описывается функцией Ферхюльста. Мониторинговые исследования позволяют разрабатывать модели, учитывающие продвижение паразита и его давление на ценоз пшеницы, а также позволяют построить экспертную систему, оптимизирующую защиту растений от бурой ржавчины и использовать для изучения поведения генотипов, обладающих различными иммунологическими показателями при создании модели сорта

The article considers approaches to conducting long-term observations, i.e. monitoring of the immunological characteristics of varieties of winter wheat. In our work, we use the following grading system for the immunological characteristics of winter wheat varieties for resistance to leaf rust in various stages of ontogeny: evaluation of sustainability in the seedlings in a phytotron, greenhouse complex; evaluation sustainability in a field of artificial infectious background; immunological evaluation based on phytosanitary monitoring in different ecological zones. In the initial stages, all the material is pre-tested in the field of infectious hatchery. We have performed an evaluation on the intensity of lesion and the type of plant response to the introduction of the pathogen. This approach allows getting rid of susceptible genotypes for a year. To describe the spread of rust, i.e., increase in population numbers we have used two types of curves: J-shaped and S-shaped. The article considers several winter wheat cultivars differing in susceptibility to leaf rust. It is established, that the increase in the population of brown rust occurs in conditions with limited food resources and it is described by the Ferxulsta function. Monitoring studies allow developing models taking into account the promotion of the parasite and its pressure on wheat cenosis as well as allow building an expert system that optimizes the protection of plants against leaf rust and used to study the behavior of genotypes with different immunological parameters when creating a model class

Ключевые слова: БУРАЯ РЖАВЧИНА,
ИММУНОЛОГИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ,

Keywords: LEAF RUST, IMMUNOLOGICAL
RESISTANCE, PATHOGEN MONITORING,

Для успешного проведения селекции на устойчивость к бурой ржавчине большое значение имеет надежная оценка селекционного материала. Э.Э. Гешеле (1978) указывал, что для более точного определения типа устойчивости необходимо учитывать большое количество показателей, а именно: длину латентного периода, инфекционную нагрузку, интенсивность развития уредопул, их размеры, развитие споруляции гриба. Однако в этом сложном вопросе большую роль играет и сорт, его генотип [5]. Н.И. Вавилов считал, что начиная практическую селекцию, прежде всего, необходимо хорошо знать местный ассортимент. Он должен служить исходным материалом для дальнейшего улучшения сортов [2]. Этой точки зрения придерживались П.П. Лукьяненко, Беспалова Л.А., Михайлова Л.А. [6,7, 1, 8].

По мнению А.А. Воронковой (1980), иммунологические исследования необходимо проводить как в полевых условиях, так и в условиях теплицы, так как, гены, контролирующие устойчивость взрослого растения, могут отличаться от генов резистентности проростков [4].

В связи с этим, для иммунологической характеристики сортов озимой пшеницы по устойчивости к бурой ржавчине на различных этапах онтогенеза в нашей работе используется следующая система оценок:

- оценка устойчивости в проростках в условиях фитотронно-тепличного комплекса;
- оценка устойчивости в условиях полевых искусственных инфекционных фонов;
- иммунологическая оценка на основе фитосанитарного мониторинга в различных экологических зонах.

В понятие «иммунологическая характеристика» в нашей работе включены результаты исследований по изучению таких показателей как:

интенсивность поражения и тип реакции растений на внедрение патогена, величина латентного периода, динамика поражения сортов и линий в сопоставлении с изменением урожая и элементов его слагающих (массы 1000 зерен, кустистость растений, числа зерен в колосе и др.), размер урединиопустул патогена, число продуцируемых ими урединиоспор и ряда других показателей.

На начальных этапах весь материал проходит предварительное испытание в полевых инфекционных питомниках, где проводится его оценка по интенсивности поражения и типу реакции растений на внедрение патогена. Такой подход позволяет в течение года избавиться от восприимчивых генотипов, предварительно классифицировать сорта и линии озимой пшеницы на основные группы устойчивости и провести отбор лучших представителей групп для более трудоемких видов анализа.

Результаты первого года изучения, как правило, практически не отличаются от повторных испытаний в полевых инфекционных питомниках. Довольно редкие случаи изменения пораженности сортов и линий могут быть обусловлены изменением вирулентностей (или появлением новых вирулентностей) в популяции патогена, или же изменением факторов окружающей среды (температура, влажность, осадки).

Изучение ряда сортов в течение восьми лет (2004-2011 гг.) в полевых инфекционных питомниках показало, что тип реакции растений на внедрение патогена у большинства сортов был восприимчивым. Небольшие колебания у перечисленных сортов отмечены по интенсивности поражения.

В практической селекционной работе посев новых сортов и линий ограничен количеством семян и, как правило, проводится на микроделянках. Инфекционное начало принудительно наносится на растения. Плотность инокулюма в ржавчинных питомниках настолько

высока, что проследить распространение возбудителя по делянкам испытуемой линии практически невозможно. В этом случае увеличение численности популяции паразита ограничивается следующими параметрами: а) количеством ткани растений, пригодной для заражения; б) длительностью вегетации; в) продолжительностью скрытого периода течения болезни. Скорость нарастания поражения сортов и линий, в этом случае, будет зависеть от продолжительности латентного периода, количества и качества воспроизводимых инфекционных структур и температуры окружающей среды. Сравнение сортов и линий озимой пшеницы по динамике их поражения методами статистики довольно трудоемко. W.E. Fry (1978) показал, что наиболее приемлемым показателем при выявлении различий между сортами по динамике поражения является показатель площади под кривой развития болезни [10]. Однако, Poynitz В. и Hyde P.M. отметили, что перед сравнением сортов по этому показателю необходимо провести стандартизацию кривых для получения сопоставимых значений площади под кривой развития болезни [11]. Рассматривая экспериментальные кривые динамики поражения сортов и линий озимой пшеницы бурой ржавчиной (работа проводилась с 2004 по 2011 гг. и за это время было проанализировано более 10000 сортов и линий), мы пришли к выводу, что динамику поражения пшеницы паразитом можно описать кривыми, используемыми при описании динамики численности популяции. Это вполне понятно, так как пораженность сортов патогеном можно рассматривать как косвенный показатель численности последнего.

В экологии при описании увеличения численности популяций используют два типа кривых; J-образный и S-образный, или сигмоидальный (Одум, 1986).

В наших экспериментах встречались оба типа кривых (рисунки 1, 2).

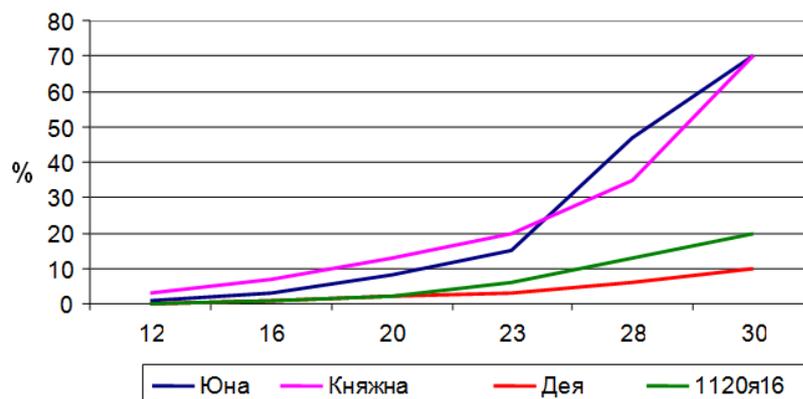


Рисунок 1 – Экспоненциальный тип развития эпифитотий

При J-образном увеличении площади листовой пластинки занятой патогенами, пораженность сорта быстро возрастает по экспоненте, достигая максимально возможного, для данного генотипа значения, в момент его биологического созревания (рисунок 1). Совпадение сроков созревания сорта с максимальным поражением могут быть случайны (позднее заражение) и неслучайны, когда скорость увеличения численности популяции тормозится защитными особенностями сортов. Например, такой тип кривой динамики поражения характерен для сортов, обладающих продолжительным, более 20 суток, периодом скрытого течения болезни. В этих случаях динамика интенсивности поражения описывается следующим дифференциальным уравнением:

$$\frac{dx}{d\tau} = gx\tau^0, \text{ где}$$

$\frac{dx}{d\tau}$ - скорость изменения пораженности растений (x) за минимально короткий интервал времени (τ);

g – параметры скорости;

$x\tau_0$ – пораженность сорта в момент времени, с которого начато наблюдение.

При S-образном типе кривой интенсивность поражения растений в начале увеличивается медленно, затем быстро, приближаясь к J-образному

типу и вскоре вступает в фазу отрицательного ускорения, при этом увеличение поражения постепенно замедляется (рисунок 2).

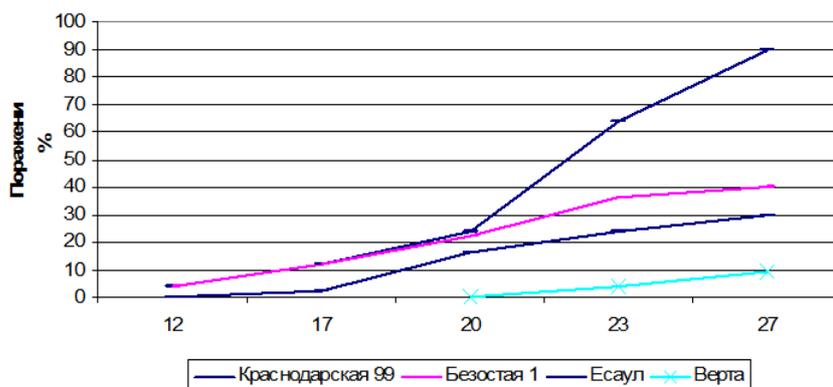


Рисунок 2 – Логический тип развития эпифитотий

При логическом типе развития эпифитотий динамика поражения патогеном наблюдается на сортах и линиях, обладающих коротким (9-12 суток) и средним (12-15 суток) латентным периодом при стабильных и благоприятных для развития эпифитотии условиях среды, в случае раннего заражения растений патогеном.

Математическое описание S-образного, или логистического увеличения численности особей в популяции связано с именем Ферхюльста, который ввел понятие роста численности популяции в ограниченной среде с ограниченными ресурсами. В этом случае скорость увеличения численности популяции (или скорость увеличения пораженности ценоза паразитом) стремится к снижению по мере того, как увеличивается количество особей в этой популяции, так как количество пищевых ресурсов (или количество доступной для питания паразита здоровой ткани растений), которое может потребить популяция, уменьшается на величину ее прироста. Эту идею Ферхюльст реализовал, включив выражение в уравнение экспоненциального роста, выступающей мерой истощения среды. Таким образом, уравнение приобрело следующий вид:

$$\frac{dx}{dt} = rx - f(x, \tau), \text{ где:}$$

$\frac{dx}{dt}$ – скорость увеличения численности популяции в момент времени (τ);

r – параметры скорости;

$x\tau_0$ – начальная Пораженность сорта;

$f(x, \tau)$ – функция, отражающая ту часть популяции, которая не участвует в дальнейшем увеличении её численности.

На эту функцию ($f(x, \tau)$) следует обратить особое внимание, так как она определяет характер изменения скорости развития эпифитотии, и зависит от следующих параметров:

1) защитных особенностей сорта (величина латентного периода, количества воспроизводимого на данном генотипе инокулюма, его качество и др.);

2) условий среды, в которой протекает эпифитотия (температура, влажность, ветер, осадки и др.);

3) вероятности попадания жизнеспособных инфекционных структур на участки пораженной, непригодной для питания паразита ткани.

Для паразита действие любого из перечисленных ограничителей развития эпифитотии выражается в нарушении трофических связей, и в этом случае функцию $f(x, \tau)$ в уравнении можно представить как разность между максимально возможным (для данного сорта в конкретных условиях) поражением и увеличением пораженности за определенный интервал времени. Тогда уравнение приобретает следующий вид:

$$\frac{dx}{dt} = rx - (f(l) x^2), \text{ где}$$

$\frac{dx}{dt}$ – скорость увеличения пораженной площади в момент времени (τ);

r – параметр скорости нарастания пораженности;

x - начальная пораженность сорта;

($f(I) x^2$) - увеличение пораженности ценоза за определенный интервал времени, зависящее от величины латентного периода ($f(I)$) и количества инфекционных структур (x^2) не участвующих в развитии эпифитотии, вследствие попадания их на участки пораженной и непригодной для питания паразита ткани.

Таким образом, увеличение численности популяции возбудителя будет приводить к увеличению количества пораженной ткани, т.е. x увеличиваясь будет стремиться к максимально возможной пораженности ценоза, что приведет к уменьшению скорости нарастания интенсивности поражения. И наоборот, малочисленная популяция в начале эпифитотии размножается с максимально возможной скоростью (близкой к экспоненциальной зависимости).

Для стандартизации кривых при характеристике сортов по динамике нарастания поражения, которые представлены в таблице, мы использовали уравнение, предложенное Ю. Одум [9].

Таблица – Характеристика сортов и линий озимой мягкой пшеницы по динамике интенсивности поражения бурой ржавчиной

Модель	Статистические характеристики уравнения					
	коэффициенты		коэф-т корреляции	стандартная ошибка коэф-фициентов		ПКРБ
	а	г		а	г	
Michigan Amber						
1. Линейная	-48,68	4,47	0,985	7,41	0,35	990,6
2. Экспоненциальная	-	0,15	0,900	-	0,04	741,6
3. Логистическая	2,61	-0,12	0,990	0,34	0,02	980,6
Краснодарская 99						
1. Линейная	-47,60	4,35	0,949	14,05	0,59	1469,6
2. Экспоненциальная	-	0,13	0,700	-	0,05	960,4
3. Логистическая	4,7	-0,21	0,998	0,42	0,01	1498,3
Безостая 1						
1. Линейная	-10,34	1,57	0,906	8,31	0,33	705,4
2. Экспоненциальная	-	0,11	0,878	-	0,01	467,7
3. Логистическая	3,51	-0,18	0,998	0,24	0,01	795,8
Дея						
1. Линейная	-37,28	2,20	0,956	9,13	0,34	443,8
2. Экспоненциальная	-	0,10	0,847	-	0,04	393,4
3. Логистическая	3,76	-0,15	0,961	1,26	0,05	467,0
Коллега						
1. Линейная	-36,46	2,21	0,957	8,97	0,33	462,1
2. Экспоненциальная	-	0,10	0,859	-	0,01	400,7
3. Логистическая	4,12	-0,17	0,997	1,11	0,05	492,2
Purdue 5396 A-4-11-4						
1. Линейная	-24,36	1,63	0,874	12,23	0,45	395,0
2. Экспоненциальная	-	0,10	0,716	-	0,01	330,3
3. Логистическая	14,43	-0,64	0,997	5,20	0,23	438,0
Есаул						
1. Линейная	-48,78	3,06	0,934	18,32	0,83	195,7
2. Экспоненциальная	-	0,13	0,854	-	0,01	183,8
3. Логистическая	10,70	-0,52	0,999	1,81	0,08	195,0
Warrior⁵/Agent 68 184/70//Юна						
1. Линейная	-8,85	1,20	810	11,67	0,43	469,6
2. Экспоненциальная	-	0,10	0,730	-	0,01	346,0
3. Логистическая	6,71	-0,34	0,999	0,44	0,02	505,4

В приведенной таблице рассматриваются сорта восприимчивой группы Michigan Amber и Краснодарская 99 и сорта, обладающие различным уровнем полевой устойчивости - Безостая 1, Дея, Коллега, Есаул и линии Purdue 5396 A-4-11-4, Warrior⁵/Agent 68 184/70//Юна.

Сравнив сорта и линии по некоторым иммунологическим показателям в главе 4, их можно отнести к 3 - 4 группам:

- по величине латентного периода – к 3-м группам (9 суток - Michigan Amber, Краснодарская 99; 12 суток - Безостая 1; 17 суток - Дея, Коллега, Есаул, Purdue 5396 A-4-11-4, Warrior⁵/Agent 68 184/70//Юна;

- по интенсивности поражения в конце вегетации растений к 3-м группам – 100% - Michigan Amber и Краснодарская 99, 50% - Безостая 1, Дея, Коллега, 30% - Есаул, Purdue 5396 A-4-11-4, Warrior⁵/Agent 68 184/70//Юна;

- используя в качестве классификатора два показателя, сорта и линии можно отнести к 4-м группам: величина латентного периода 9 суток / поражение бурой ржавчиной в конце вегетации растений: 100%; 12 суток / 50%; 17 суток / 40%; 17 суток / 30%.

Если рассматривать градации по скорости нарастания интенсивности поражения (показатель предложен Я.Е. Ван дер Планк, (1966), то сорта можно расположить в один непрерывный вариационный ряд. Причем все остальные иммунологические показатели, как правило, теряют смысл. Например, скорость нарастания поражения сорта Есаул значительно выше, чем у сортов Безостая 1 и Purdue 5396 A-4-11-4. Поражение растений этих сортов в конце вегетации равны, а поражение Безостой 1 сильнее. При этом, если рассматривать площадь под кривой развития болезни в отрыве от остальных иммунологических показателей, то и этот показатель теряет смысл.

Сравним иммунологические показатели сорта Есаул и линии Warrior⁵/Agent 68 184/70//Юна: величина латентного периода – 17 суток,

интенсивность поражения растения в конце вегетации 30%, скорость нарастания интенсивности поражения сорта Есаул в два раза выше, чем у линии Warrior⁵/Agent 68 184/70//Юна. При этом площадь под кривой развития болезни у Есаул в два раза меньше, чем у Warrior⁵/Agent 68 184/70//Юна. Таким образом, сорт и линия отличаются по двум показателям. Причем, Есаул по скорости нарастания поражения относится к классу восприимчивых, а по показателю площади под кривой развития болезни – к классу устойчивых. Это связано с тем, что развитие эпифитотии на сорте прекратилось на 10 дней раньше, чем на линии, что и явилось причиной невысокого значения ПКРБ (площадь под кривой развития болезни).

Рассмотренные примеры показывают, что: судить о степени устойчивости сортов или селекционных линий по отдельным иммунологическим показателям недопустимо; ПКРБ нельзя рассматривать как интегральный показатель, характеризующий общий уровень устойчивости сорта; скорость нарастания интенсивности поражения сорта на протяжении развития эпифитотии не остается постоянной величиной, следовательно, скорость динамики поражения так же не является всеобъемлющим показателем.

Увеличение численности популяции бурой ржавчины происходит в условиях с ограниченными пищевыми ресурсами и описывается функцией Ферхюльста. Мониторинговые исследования позволяют разрабатывать модели, учитывающие продвижение паразита и его давление на ценоз пшеницы, а также позволяют построить экспертную систему, оптимизирующую защиту растений от бурой ржавчины и использовать для изучения поведения генотипов, обладающих различными иммунологическими показателями при создании модели сорта.

Литература

1. Беспалова Л.А., Аблов И.Б., Колесников Ф.А. и др. Развитие наследия академика П.П.Лукьяненко по генетической борьбе с ржавчинными болезнями пшеницы //Земледелие.2011. -№4.-С.16-19.
2. Вавилов Н. И. Пути советской селекции // Избранные труды : в 5 т. — М.; Л.: Наука, 1965. — Т. 5 : Проблемы происхождения, географии, генетики, селекции растений и агрономии.
3. Ван Дер Планк Я. Устойчивость растений к болезням. М. «Колос», 1972.- 253 с.
- 4.Воронкова А.А, Генетико-иммунологические основы селекции пшеницы на устойчивость к ржавчине. – М.:Колос, 1980. - 191с.
5. Гешеле. Э. Э. Основы фитопатологической оценки в селекции растений. М. «Колос», 1978. - 208с.
6. Лукьяненко П.П. О методике селекции сортов озимых пшениц, устойчивых к бурой ржавчине //Яровизация, 1941. - №3. –С.38-47.
7. Лукьяненко П.П. Новые ржавчино-устойчивые сорта озимой пшеницы //Селекция и семеноводство, 1933. – №2. – С.34.
8. Михайлова Л.А. Генетика ржавчинных грибов в связи с селекцией зерновых культур на болезнеустойчивость. /Сб. «Ржавчина хлебных злаков». М. «Колос», 1975, с.67-79.
9. Одум Ю. Экология.М.: Мир, 1975. – 345с.
10. McIntosh R.A., Brown G.N. Anticipatory breeding for resistance to rust diseases in wheat. /Ann. Rev. Phytopathology, 35, 1997, p.311-326.
11. Poyntz B., Hyde P.M. The expression of partial resistance of wheat to *Puccinia recondit*. L. Phytopathology, 1987. V.12. -P.136-142.

References

- Bespalova L.A., Ablov I.B., Kolesnikov F.A. i dr. Razvitie nasledija akademika P.P.Luk'janenko po geneticheskoj bor'be s rzhavchinnyimi boleznyami pshenicy //Zemledelie.2011. -№4.-S.16-19.
2. Vavilov N. I. Puti sovetskoj selekcii // Izbrannye trudy : v 5 t. — М.; L.: Nauka, 1965. — Т. 5 : Problemy proishozhdenija, geografii, genetiki, selekcii rastenij i agronomii.
 3. Van Der Plank Ja. Ustojchivost' rastenij k boleznyam. М. «Kolos», 1972.- 253 s.
 - 4.Voronkova A.A, Genetiko-immunologicheskie osnovy selekcii pshenicy na ustojchivost' k rzhavchine. – М.:Kolos, 1980. - 191s.
 5. Geshele. Je. Je. Osnovy fitopatologicheskoj ocenki v selekcii rastenij. М. «Kolos», 1978. - 208s.
 6. Luk'janenko P.P. O metodike selekcii sortov ozimyh pshenic, ustojchivyh k buroj rzhavchine //Jarovizacija, 1941. - №3. –S.38-47.
 7. Luk'janenko P.P. Novye rzhavchino-ustojchivye sorta ozimoj pshenicy //Selekcija i semenovodstvo, 1933. – №2. – S.34.
 8. Mihajlova L.A. Genetika rzhavchinnyh gribov v svjazi s selekciej zernovyh kul'tur na bolezneustojchivost'. /Sb. «Rzhavchina hlebnih zlakov». М. «Kolos», 1975, s.67-79.
 9. Odum Ju. Jekologija.М.: Mir, 1975. – 345s.
 10. McIntosh R.A., Brown G.N. Anticipatory breeding for resistance to rust diseases in wheat. /Ann. Rev. Phytopathology, 35, 1997, p.311-326.
 11. Poyntz B., Hyde P.M. The expression of partial resistance of wheat to *Puccinia recondit*. L. Phytopathology, 1987. V.12. -P.136-142.