

УДК: 574.9:581.526.45

**Сравнительная фитоиндикационная оценка лесных и лугово-степных экотопов
Казацкого участка Центрально-Черноземного заповедника
Г.Н.Лысенко**

Нежинский государственный университет имени Николая Гоголя (Нежин, Украина)

Используя метод фитоиндикации экологических факторов, рассчитаны величины ряда лимитирующих экологических режимов (влажности и кислотности почв, содержания в почве минерального азота и соединений кальция, общего солевого режима, обобщенного терморезима, континентальности, гумидности и морозности климата), характеризующих растительные сообщества дубравы и лугово-степные фитоценозы Казацкого участка Центрально-Черноземного природного биосферного заповедника имени проф. В.В.Алехина. Полученные результаты статистически обработаны. Проведен градиентный анализ. Доказаны достоверные отличия средних величин влажности почв, их кислотности, общего солевого режима, а также содержания минерального азота и соединений кальция для лесных и лугово-степных участков заповедника.

Ключевые слова: *лесные и лугово-степные экотопы, метод фитоиндикации, экологические факторы, взаимоотношения леса и степи.*

Введение

Исследованиям взаимоотношений леса и степи посвящена обширная литература (Алехин, 1910, 1934; Герцык, 1965; Дохман, 1965, 1968; Зозулин, 1955; Каден, 1940; Лавренко и др., 1991; Семенова-Тян-Шанская, 1966; Ткаченко, 2004). Более того, вопрос о причинах безлесия степей считается одной из основных проблем современной фитоценологии и ботанической географии, сохраняя свою актуальность и до сих пор. Подводя итоги длительной дискуссии по этому вопросу, выдающийся отечественный степевед Е.М.Лавренко (Лавренко, 1940) отметил семь основных направлений. Не обращаясь к обширной доказательной базе, мы лишь перечислим основные научные теории и гипотезы с указанием имен их создателей: 1) взгляд на безлесие степей как явление антропогенное (В.И.Талиев, А.Я.Гордягин, Б.А.Келлер, П.Н.Крылов, В.Н.Сукачев, Г.И.Ширяев и др.); 2) как явление, обусловленное климатом (К.Бэр, Г.Н.Высоцкий, Гризебах, Миддендорф, Шимпер и др.); 3) как явление, обусловленное засоленностью степных почв и подпочв (Г.И.Танфильев, Б.Н.Городков); 4) как явление, обусловленное физическими особенностями степных почв (трудной проницаемостью для воды) (П.А.Костычев, И.И.Спрыгин); 5) как явление, связанное с рельефом (Лекерс, Уинчел, Энгельман, А.Н.Краснов); 6) как явление временное, связанное с не закончившейся лесной экспансией лесостепной полосы (С.И.Коржинский) и, наконец, 7) «циклическая» гипотеза о взаимоотношениях леса и степи в лесостепной полосе (Г.Э.Гроссет).

Вопросам становления структуры и специфики функционирования лесостепного комплекса посвящен ряд работ И.А.Банниковой (Банникова, 2003), которая рассматривает лесостепь как специфическую часть фитосферы, где широкая взаимосвязь вещественно-энергетических и информационных компонентов осуществляется между элементарными экосистемами чрезвычайно широкого диапазона, крайними звеньями которого являются контрастные по своим параметрам экосистемы – лес и степь.

Д.И.Сакало (Сакало, 1966), используя ландшафтно-флорогенетический метод при исследовании особенностей флорогенеза степей Евразии, пришел к выводу о том, что развитие флоры под влиянием нового ландшафта через онто- и филоценогенез неизбежно приводит к формированию нового флорогенетического типа растительности, ценотические особенности которого определяются новыми ландшафтными условиями, действовавшими в неогене под влиянием альпийского орогенеза, и связанных с ним мощных регрессий. Кроме того, процесс трансформации травянистой растительности по пути ксероморфогенеза связан с редукцией лесного ландшафта тургайских широколиственных листопадных лесов и превращением его в лесостепной, который, в свою очередь, трансформировался в степной ландшафт Тургайской степной флоры.

В последнее время, в связи с широким применением методов фитоиндикации экологических факторов (Дідух, Плюта, 1994), для объяснения экологической специфики взаимодействия леса и степи используется экологический подход (Остривна, Дідух, 2005). Применение указанных методик дает возможность оценить величины экологических режимов, определяющих формирование резко отличающихся типов растительности – лесного и травянистого, что позволит, по нашему мнению,

хотя бы в общих чертах прояснить некоторые вопросы динамики растительности в зоне экотона леса и степи.

Поэтому основной задачей, стоящей перед настоящим исследованием, было проведение сравнительной фитоиндикационной оценки лесных и лугово-степных экотопов Казацкого участка Центрально-Черноземного заповедника, имеющего в своем составе природную порослевую дубраву и целинную луговую степь, непосредственно контактирующих между собой, что делает данный резерват корректным модельным объектом для мониторинга сложных процессов взаимодействия двух контрастных биомов.

Объекты и методы исследования

Центрально-Черноземный государственный природный биосферный заповедник им. профессора В.В.Алехина (далее ЦЧЗ) расположен в зоне Лесостепи в пределах Курской области Российской Федерации. В своем составе он имеет шесть отделений общей площадью 5287,4 га. Казацкий участок расположен в юго-западной части Средне-Русской возвышенности на водоразделе рек Млодоти и Полной. Рельеф типично эрозионный, сложившийся в доледниковый период. Коренные породы в основном представлены мергелем и мелом, реже третичными песками. Почвообразующей породой служит карбонатный лессовидный суглинок. В почвенном покрове преобладают мощные типичные черноземы. Климат умеренно континентальный со среднегодовой температурой воздуха + 5,4°C и среднегодовой суммой осадков 585 мм.

Площадь Казацкого участка составляет 1638,0 га. Именно здесь сохраняется практически исчезнувший в европейской лесостепи зональный тип растительности – плакорные луговые степи, характеризующиеся максимальной видовой насыщенностью из всех травяных сообществ Голарктики (до 87 видов сосудистых растений на 1 м²). Кроме того, на Казацком участке непосредственно контактируют два типа растительности – луговые степи и дубрава, что представляет несомненный научный интерес.

Основной ценозообразующей породой дубравы (512,0 га) является *Quercus robur* L. В понижениях и лесных логах часто содоминантом выступает *Populus tremula* L., значительно реже *Tilia cordata* Mill. Кроме того, в составе лесных формаций встречаются *Acer platanoides* L., *Sorbus aucuparia* L., *Pyrus communis* L., *Padus avium* Mill., *Prunus spinosa* L., *Ulmus glabra* Huds. и др. В кустарниковом ярусе доминирует *Corylus avellana* L., часто встречаются *Sambucus nigra* L. и *S. racemosa* L., *Rhamnus cathartica* L., *Euonymus verrucosa* Scop. и *E. europaea* L. и др. В травянистом ярусе преобладают *Carex montana* L., *C. pilosa* Scop., *Stellaria holostea* L., *Aegopodium podagraria* L., *Brachypodium pinnatum* (L.) Beauv., *Fragaria moschata* Duch., *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn и др.

К основным формациям луговой степи (1126,0 га) относятся *Stipeta pennatae*, *Stipeta tirsae*, *Arrhenathera elatii*, *Bromopsideta ripariae*, *Bromopsideta inermis*, *Calamagrostideta epigeioris*, *Dactyleta glomeratae*, *Poeta angustifoliae*, *Chamaecytiseta ruthenicae* с сопутствующим лугово-степным разнотравьем – *Fragaria viridis* Duch., *Filipendula vulgaris* Moench, *Asparagus officinalis* L., *Betonica officinalis* L. s. l., *Falcaria vulgaris* Bernh., *Galium ruthenicum* Willd., *Coronilla varia* L., *Euphorbia seguieriana* Neck., *Delphinium cuneatum* Stev. ex DC., *Dracocephalum ruyschiana* L., *Salvia pratensis* L., *Knautia arvensis* (L.) Coult., *Leucanthemum vulgare* Lam., *Trifolium alpestre* L., *Primula veris* L. и многие другие.

Для оценки величин экологических режимов, определяющих формирование различных типов растительности, был использован метод фитоиндикации экологических факторов, разработанный и модифицированный в отделе экологии фитосистем Института ботаники им. Н.Г.Холодного НАН Украины, суть которого детально изложена в (Дідух, Плюта, 1994).

С целью определения степени взаимозависимости исследуемых экологических факторов и экотопической специфики лесных и лугово-степных фитоценозов в градиентах среды был использован метод ординации (Уитеккер, 1980).

Результаты и обсуждение

Исходным материалом служили геоботанические описания аровых площадок (n=95), выполненные в июле 2006 г. В результате камеральной обработки были сформированы две выборки – описания лесов (n=27) и луговых степей (n=62), для которых произведены фитоиндикационные расчеты. В данной статье мы сознательно опускаем проведение ценотического анализа и рассматриваем лишь экологические особенности лесного и лугово-степного типов растительности, что, по нашему мнению, поможет объяснить ряд вопросов, связанных с пространственным распределением таких контрастных по составу доминирующих экобиоморф и экотопической приуроченности фитоценозоструктур.

Для проведения предварительного анализа нами были рассчитаны основные статистические показатели (в баллах фитоиндикационных шкал) величин обобщенного терморегима (Tm), влажности

почв (Hd), их кислотности (Rc), содержания минерального азота (Nt), общего солевого режима почв (Tr) и содержания в них соединений кальция (Ca), а также режимов континентальности (Kn), гумидности (Om) и морозности (Cr) климата, общих для Казацкого участка, которые приведены в табл. 1.

Таблица 1.
Основные статистические показатели величин экологических факторов, характеризующие Казацкий участок в целом

№ п/п	Экологический фактор	min	max	max–min	X	S _x	S	% от диапазона
1	Rc	7,54	8,78	1,24	8,30	0,03	0,27	9,54
2	Tr	6,21	8,04	1,83	7,35	0,06	0,56	9,63
3	Nt	4,91	6,93	2,02	5,66	0,07	0,70	18,36
4	Hd	9,20	12,58	3,34	10,43	0,11	1,09	14,52
5	Tm	7,89	8,91	1,02	8,49	0,02	0,21	6,00
6	Kn	8,04	9,04	1,00	8,58	0,02	0,23	6,67
7	Om	7,09	8,28	1,19	7,57	0,04	0,35	7,93
8	Cr	7,18	8,50	1,32	7,84	0,03	0,29	8,80
9	Ca	5,65	8,53	2,88	7,35	0,09	0,92	22,15

Примечание: 1) расшифровка обозначений в графе «Экологический фактор» приведена в тексте (для табл. 1–3);

2) min, max – минимальные и максимальные значения экологических факторов; max–min – разница между максимальными и минимальными значениями; X – среднее арифметическое значение; S_x – среднее квадратическое отклонение; S – ошибка среднего арифметического (для табл. 1–3).

В абсолютных показателях величины обобщенного терморезима (Tm) для экотопов Казацкого участка колеблются в пределах 39,45–44,55 ккал·см⁻²·год⁻¹ (среднее значение равно 42,45 ккал·см⁻²·год⁻¹), что соответствует данным метеостанции пос. Заповедное Курской области. Влажность почв (Hd) характеризуется диапазоном от лугово-степного до влажнолесолугового типов увлажненности. Показатели кислотности почв (Rc) колеблются от слабокислых до нейтральных (pH=6,0–7,0). Содержание минерального азота (Nt) характеризуется диапазоном от бедных до достаточно обеспеченных азотом типов почв (14,0–24,5 мг минерального азота /100 г почвы). Согласно шкалы общего солевого режима почв (Tr), исследуемые почвенные разности относятся к не богатым и достаточно богатым солями выщелоченным черноземам. Согласно шкалы континентальности климата (Kn), территория Казацкого участка характеризуется континентальным и резко континентальным климатом, тогда как гумидность (Om) занимает промежуточное положение между субаридным и субгумидным типами режимов. Оценка морозности климата (Cr) соответствует умеренным типам зим (средние температуры самого холодного месяца от –6 до –10°C).

При сравнении исследуемых экологических режимов, характеризующих лесные и лугово-степные экотопы, отмечаются существенные различия как средних значений величин экофакторов, так и их экстремумов (табл. 2 и 3). В табл. 2 приведены основные статистические показатели величин климатических и эдафических факторов, характеризующих лесные фитоценозы заповедного участка.

Как и следовало ожидать, величины экологических режимов эдафической группы факторов, характеризующих леса и луговые степи заповедника, в большей степени отличаются от диапазона климатических показателей. Так, влажность почв под дубравой соответствует сухолесолуговому и влажнолесолуговому типам почв, тогда как экотопы луговой степи характеризуются лугово-степным типом режима почвенного увлажнения. В то же время величины обобщенного терморезима климата для исследуемых участков характеризуются близкими значениями.

Результаты статистической обработки величин экологических режимов лугово-степных экотопов Казацкого участка приведены в табл. 3.

Таблица 2.

Основные статистические показатели величин экологических факторов лесных сообществ Казацкого участка

№ п/п	Экологический фактор	min	max	max–min	X	S _x	S	% от диапазона
1	Rc	7,54	8,34	0,80	7,99	0,05	0,24	6,15
2	Tr	6,21	7,06	0,85	6,51	0,04	0,18	4,47
3	Nt	6,27	7,03	0,76	6,69	0,04	0,21	6,91
4	Hd	11,06	12,58	1,51	12,03	0,06	0,29	6,57
5	Tm	8,43	8,91	0,48	8,65	0,02	0,12	2,82
6	Kn	8,04	8,70	0,66	8,33	0,04	0,18	4,40
7	Om	7,72	8,31	0,59	8,06	0,03	0,14	3,93
8	Cr	7,67	8,50	0,83	8,19	0,04	0,22	5,53
9	Ca	5,49	6,96	1,47	6,06	0,07	0,36	11,30

Таблица 3.

Основные статистические показатели величин экологических факторов лугово-степных сообществ Казацкого участка

№ п/п	Экологический фактор	min	max	max–min	X	S _x	S	% от диапазона
1	Rc	8,01	8,78	0,77	8,42	0,02	0,16	5,92
2	Tr	7,07	8,04	0,97	7,67	0,02	0,17	5,11
3	Nt	4,91	6,25	1,34	5,24	0,03	0,27	12,18
4	Hd	9,19	12,17	2,98	9,83	0,06	0,54	12,96
5	Tm	7,88	8,79	0,97	8,43	0,02	0,19	5,71
6	Kn	8,22	9,04	0,82	8,67	0,02	0,18	5,47
7	Om	7,05	8,12	1,07	7,38	0,02	0,17	7,13
8	Cr	7,17	8,06	0,89	7,70	0,02	0,19	5,93
9	Ca	5,95	8,53	2,58	7,83	0,06	0,49	19,85

Предварительный сравнительный анализ величин экологических факторов, определяющих формирование лугово-степных сообществ, показывает, что они во многом отличаются от таковых, характеризующих фитоценозы заповедной дубравы. Наибольшей разницей значений характеризуются показатели влажности почв (2,20 балла) и содержания в почве соединений кальция (1,77 балла). Также существенно отличаются и показатели азотного режима (1,45 балла). Как и следовало ожидать, климатические факторы исследуемых экотопов характеризуются близкими значениями (соответственно Tm – 0,22; Kn – 0,34; Om – 0,76; Cr – 0,49 балла). Несколько неожиданно, что показатели кислотности почв дубравы и луговой степи отличаются незначительно (0,43 балла). Однако это может свидетельствовать о генетической близости почвообразующих пород, с одной стороны, и подтверждать тезис об имевшем место залесении в прошлом плакорных пространств, занятых современной лугово-степной растительностью, – с другой.

С целью определения достоверности отличий средних значений экологических факторов, характеризующих лесные и лугово-степные экотопы, был использован критерий Стьюдента (t). Расчеты показали, что достоверной разностью значений характеризуются величины влажности почв (t=4,57), их кислотности (t=3,07), общего солевого режима (t=3,69), а также содержания в почве минерального азота (t=4,17) и соединений кальция (t=4,34).

Тесная связь растительного покрова с экологическими характеристиками экотопов и адаптивный характер его пространственных изменений позволяет в общих чертах проследить вариабельность экологических режимов, характеризующих дубраву и луговую степь. Для определения в координатах экологических факторов положения экотопов лесных и лугово-

степных фитоценозов был проведен ординационный анализ, результаты которого иллюстрирует рисунок.

В ординации экологических факторов Hd/Nt на фоне хорошо выраженной прямой зависимости содержания минерального азота от влажности почв прослеживается четкая дифференциация лесных и лугово-степных местопроизрастаний в пределах исследуемого участка (рис. А). Экотопы дубравы характеризуются более высокими показателями обоих режимов, чем экотопы, занятые лугово-степной растительностью, что согласуется с данными, полученными с использованием прямых методов (Герцык, 1965). Вместе с тем, ординация Tm/Nt характеризуется слабо выраженной линейной зависимостью (рис. Б).

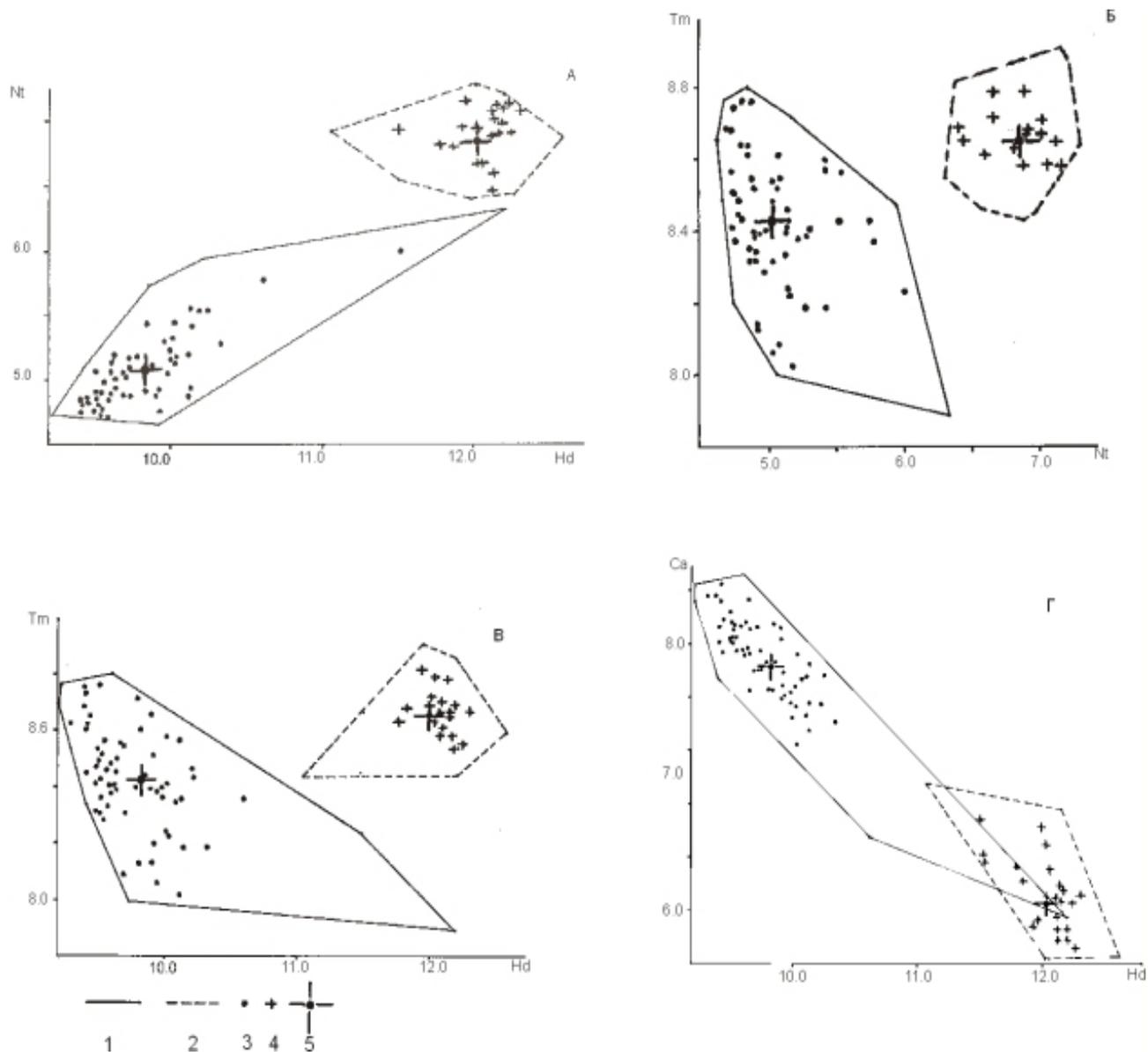


Рис. Ординационные схемы взаимозависимости фитоиндикационных показателей лесных и лугово-степных сообществ Казацкого участка ЦЧЗ в зависимости от изменения таких экологических факторов: А – содержания минерального азота (Nt) и влажности почв (Hd); Б – терморезима климата (Tm) и содержания минерального азота (Nt); В – терморезима климата (Tm) и влажности почв (Hd); Г – содержания соединений кальция (Ca) и влажности почв (Hd)

Условные обозначения: 1 – границы экопространств луговой степи; 2 – границы экопространств сообществ дубравы; 3 – положение лугово-степных сообществ в координатах экологических факторов; 4 – положение сообществ дубравы; 5 – средние значения экологических факторов.

Ординация влажности почв (Hd) и обобщенного терморегима (Tm) отображает значительное экотопическое разнообразие Казацкого участка (рис. В), при этом отмечается прямая линейная зависимость между величинами анализируемых режимов, что подтверждает известную взаимозависимость данных факторов среды. Таким образом, ординация Hd/Tm свидетельствует о том, что в основе дифференциации растительного покрова лесостепи лежит широкий спектр влажности почв, возле нижней границы которого концентрируются зональные лугово-степные формации, тогда как дубравы занимают верхнюю часть диапазона.

Между содержанием карбонатов в почве (Ca) и влажностью (Hd) наблюдается четкая обратная линейная корреляция (рис. Г), причем почвы дубравы содержат значительно меньше соединений кальция, чем лугово-степные экотопы, что объясняется существенно высшими показателями почвенного увлажнения.

Таким образом, на основании полученных посредством метода фитоиндикации экотопических характеристик местопроизрастаний, характеризующих лесные и лугово-степные фитоценозы Казацкого участка ЦЧЗ, можно сделать следующие выводы:

1. Посредством метода фитоиндикации установлены величины ряда лимитирующих экологических факторов, характеризующих лесные и лугово-степные экотопы Казацкого участка ЦЧЗ.
2. Отмечены статистически достоверные отличия средних величин эдафической группы экологических факторов, характеризующих лесные и лугово-степные участки заповедника, что свидетельствует об их непосредственном влиянии на дифференциацию типов растительности в пределах резервата.
3. Показаны возможности фитоиндикационных исследований для проведения мониторинговых исследований взаимодействия лесных и лугово-степных сообществ в лесостепной зоне с целью прогнозирования последующих изменений резерватных фитоценозов в квазистабильных условиях окружающей среды.

Список литературы

- Алехин В.В. Казацкая степь Курского уезда в связи с окружающей растительностью // Труды Спб. о-ва естествоиспыт. – 1910. – Т.41, вып.3. – С. 273–317.
- Алехин В.В. Центрально-Черноземные степи. – Воронеж, 1934. – 88с.
- Банникова И.А. Лесостепь внутренней Азии: структура и функция. – М., 2003. – 287с.
- Герцык В.В. Изменение лесостепного природного комплекса от леса к степи через опушку // Труды Центрально-Черноземного государственного заповедника. – Вып.8. – Воронеж: Изд-во Воронежского университета, 1965. – С. 291–332.
- Дідух Я.П., Плюта П.Г. Фітоіндикація екологічних факторів. – К.: Наук. думка, 1994. – 280с.
- Дохман Г.И. Лесостепь Европейской части СССР. – М.: Наука, 1968. – 271с.
- Дохман Г.И. Основная направленность восстановительного процесса косимых участков степи Центрально-Черноземного заповедника // Труды Центрально-Черноземного государственного заповедника. – Вып.9. – М.: Изд-во «Лесная промышленность», 1965. – С. 3–15.
- Зозулин Г.М. Взаимоотношения лесной и травянистой растительности в Центрально-Черноземном госзаповеднике // Труды Центрально-Черноземного государственного заповедника. – Вып.3. – Курское книжное издательство, 1955. – С. 102–234.
- Каден Н.Н. Очерк растительности Казацкой степи под Курском // Труды Центрально-Черноземного гос. з-ка имени проф. В.В. Алехина. – Вып.1. – М., 1940. – С. 321–368.
- Лавренко Е.М. Степи СССР // Растительность СССР. – Т.2. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1940. – С. 1–265.
- Лавренко Е.М., Карамышева З.В., Никулина Р.И. Степи Евразии. – Л.: Наука, 1991. – 146с.
- Остривна Ю.И., Дидух Я.П. Экологические особенности границы между лесостепью и степью // Изучение и сохранение природных экосистем заповедников лесостепной зоны: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Центрально-Черноземного заповедника. – Курск, 2005. – С. 42–45.
- Сакало Д.И. Степная флора СССР, пути и закономерности ее исторического развития. Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. – К., 1966. – 45с.
- Семенова-Тян-Шанская А.М. Динамика степной растительности. – М.–Л.: Наука, 1966. – 174с.
- Ткаченко В.С. Фітоценологічний моніторинг резерватних сукцесій в Українському степовому природному заповіднику. – К.: Фітосоціоцентр, 2004. – 184с.
- Уиттеккер Р. Сообщества и экосистемы. – М.: Прогресс, 1980. – 328с.

**Порівняльна фітоіндикаційна оцінка лісових та лучно-степових екотопів Козацької ділянки Центрально-Чорноземного заповідника
Г.М.Лисенко**

Використовуючи метод фітоіндикації екологічних факторів, розраховані величини низки лімітуючих екологічних режимів (вологості та кислотності ґрунтів, вмісту у ґрунті мінерального азоту та сполук кальцію, загального сольового режиму, узагальненого терморезиму, континентальності, гумідності та морозності клімату), що характеризують рослинні угруповання дїброви та лучно-степові фітоценози Козацької ділянки Центрально-Чорноземного природного біосферного заповідника імені проф. В.В.Альохіна. Отримані результати статистично опрацьовані. Проведено градієнтний аналіз. Доведено достовірні відмінності середніх величин вологості ґрунтів, їх кислотності, загального сольового режиму, а також вмісту мінерального азоту та сполук кальцію для лісових та лучно-степових ділянок заповідника.

Ключові слова: лісові та лучно-степові екотопи, метод фітоіндикації, екологічні фактори, взаємовідносини лісу та степу.

**Comparative phytoindication estimate of forest and steppe ecotopes of Kazatskiy site of Central-Blacksoil reserve
H.M.Lysenko**

Using the method of phytoindication of ecological factors, the values of row of the limiting ecological modes (humidity and acidity of soils, content of mineral nitrogen and compounds of calcium in soil, general salt mode, generalized thermal mode, continentality, humidity and frost of climate) characterizing the oak-forest and meadow-steppe ecotopes of the Kazatskiy site of the Central-Blacksoil natural biosphere reserve by the name of prof. V.V.Alekhn are calculated. The received results are statistically treated. A gradient analysis is conducted. The reliable differences of averages of humidity of soils, their acidity, general salt mode, and also content of mineral nitrogen and compounds of calcium for the wood and meadow-steppe lots of the reserve are proved.

Key words: forest and meadow-steppe ecotopes, method of phytoindication, ecological factors, mutual relations of the forest and steppe.

**Представлено І.М.Солдатовою
Рекомендовано до друку Т.В.Догадіною**