

ОРИГІНАЛЬНА СТАТТЯ

УДК 614.71:371.62:547.913

ВИКОРИСТАННЯ ФІТОНЦИДНИХ ТА ПСИХОСТИМУЛЮЮЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕФІРНИХ ОЛІЙ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА НАВЧАЛЬНИХ ПРИМІЩЕНЬ



Веденєєв В.Д.
grin_am@ukr.net

Веденєєв В.Д., Омельчук С.Т., Кузьмінська О.В., Гринзовський А.М.

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна

Резюме. Досліджено фітонцидні властивості ефірних олій розмарину лікарського, лаванди справжньої та сосни сибірської стосовно умовно-патогенних бактерій на дитячий організм, а також вплив цих олій на такі показники як самопочуття, активність, настрої і захворюваність учнів шкіл. Складено алгоритм раціонального використання досліджуваних ефірних олій для оптимізації повітряного середовища навчальних приміщень.

Ключові слова: лаванда справжня, розмарин лікарський, сосна сибірська, антибактеріальна активність, фітонцидні властивості та психостимулюючий ефект, навчальні приміщення, ефірні олії, повітряне середовище.

Вступ. Рослинність на Землі щорічно продукує та транспортує в атмосферу понад 200 млн. тонн ефірних олій, які, як природні фітонциди, є одними з регуляторів санітарного стану біосфери і засобом профілактики ряду захворювань [16]. Ефірні олії посідають чільне місце в арсеналі лікувальних засобів, користуються великою популярністю і мають беззаперечні переваги, адже препарати рослинного походження характеризуються низькою токсичністю і незначним алергічним впливом, порівняно з синтетичними сполуками [2]. Враховуючи це, нами було досліджено можливість раціонального використання деяких ефірних лікарських рослин для оптимізації повітряного середовища навчальних приміщень.

За літературними даними [2], тільки у міській квартирі нараховується 20 тис. патогенних мікроорганізмів, тоді як в громадських місцях, в тому числі й в приміщеннях навчальних закладів, громадському транспорті їх кількість може бути значно більшою. Зважаючи на загрозу спалаху епідемії інфекційних захворювань [14], існує також нагальна потреба пошуку безпечних природних засобів для зниження контамінації повітряного середовища, особливо в організованих колективах.

У літературі існують посилання на використання ефірних олій розмарину лікарського, лаванди справжньої, сосни сибірської при лікуванні хвороб дихальної системи та їх профілактики [5; 10]. Ефірні олії, котрі екстрагуються з рослинної сировини, є представниками фітонцидів – біологічно активних речовин, що виділяються рослинами і володіють бактерицидним, фунгіцидним та протистозидним ефектом. Фактично фітонциди – це антибіотики рослинного походження. Вони можуть як викликати загибель, так і перешкоджати розмноженню мікробної клітини [9]. За силою впливу на мікроорганізми деякі рослини займають чільне місце серед антибактеріальних і противірусних засобів сучасної медицини. Академік Н. Холодний назвав леткі речовини, які виділяються вищими рослинами у повітря, “атмосферними вітамінами” або “вітаміноподібними речовинами”, що можуть засвоюватись людиною і позитивно впливати на її організм [4]. Водночас, за аналізом джерел літератури, відсутні чіткі дані щодо використання фітонцидних та психостимулюючих властивостей цих лікарських рослин для оптимізації повітряного середовища. Немає також чітких даних щодо впливу ефірних олій на самопочуття, активність і настрої людини.

Відомо, що розмарин лікарський (*Rosmarinus officinalis* L.) під час квітучання насичує повітря приємним ароматом, що нагадує камфору, зумовленим чималим вмістом ефірної олії та смолистих речовин. У Древньому Римі учні носили вінки з розмарину перед екзаменами, щоб згадати пройдений матеріал, адже представники багатьох цивілізацій знають розмарин, як рослину, котра відновлює та зміцнює пам'ять. Розмарин має спазмолітичну, жовчогінну, тонізуючу, загальнозміцнюючу дію. З лікувальною метою використовують листя та однорічні стебла з листками. Настій, відвар та настоянка листків розмарину посилюють обмін речовин. Олія розмарину має стимулюючий вплив на центральну нервову систему, роботу мозку.

Лаванда справжня (*Lavandula vera* L.) належить до ряду багаторічних рослин і напівкущів з родини губоцвітих. У свіжих квітках міститься ефірна олія до 1,5%, в листках і стеблах також виявлено ефірну олію, але в меншій кількості. Ця олія має заспокійливу, спазмолітичну, антисептичну дію. З лікувальною метою використовують траву і квітки. Ефірна олія лаванди поліпшує концентрацію уваги. Дослідження японських вчених свідчать, що число помилок, допущених програмістами, знижується на 20%, коли вдихається аромат цієї рослини.

Сосна сибірська (*Pinus sibirica* L.) має високі лікувальні властивості, її притаманна загальнозміцнювальна, бактерицидна, противірусна, імуностимулююча, заспокійлива дії, вона відновлює сили при розумовій перевтомі. Зважаючи на це, її також варто рекомендувати для аромапрофілактики.

За даними Миколаївського В.В., Брехмана І.І., різні патогенні мікроорганізми досить чутливі до антибактеріальної дії ефірних олій [4].

Ефірні олії характеризуються такими властивості [8]:

- а) легко вбираються шкірою і глибоко проникають у тканини, впливаючи на весь організм;
- б) мають "нормалізуючий ефект", тобто діють лише тоді, коли в організмі порушені певні процеси, на відміну від дії хімічних препаратів;
- в) подібно до фітонцидів мають антисептичні властивості, згубно впливають на патогенні мікроорганізми;
- г) сприяють виробленню ендорфінів і серотоніну, здатних покращувати настрій та самопочуття;
- д) нормалізують психоемоційний стан людини.

Застосування ефірних олій для оптимізації повітряного середовища приміщень дозволяє забезпечити значний рівень дезінфекції повітряного середовища, чим досягатиметься лікувально-профілактичний ефект. Суттєвим є відсутність резистентності до ефірних олій серед мікроорганізмів.

Зважаючи на це, потрібно більшу увагу надавати профілактиці виникнення респіраторних захворювань за допомогою ефірних олій, оскільки їх бактерицидна дія, аналогічна до дії антибіотиків, але на відміну від останніх, ефірні олії майже не мають побічної дії.

Біологічний процес ароматерапії полягає в тому, що паралельно з дією фітонцидів на віруси та бактеріальні клітини, організм мобілізує власні захисні сили [7,8]. Аромапрофілактика загалом розширює адаптаційні можли-

вості людини і є одним із шляхів зміцнення здоров'я, зменшення напруження, підвищення стійкості організму до стресу та впливу інших несприятливих факторів.

Метою даного дослідження було вивчення впливу ефірних олій лаванди, розмарину та сосни сибірської на деякі умовно-патогенні бактерії, а також на самопочуття, активність, настрій учнів шкіл та їх захворюваність.

Матеріал і методи досліджень. Дослідження проводилося у Київському природничо-науковому ліцеї (КПНЛ) № 145.

Нами було використано:

- 1) метод паперових дисків – для вивчення антибактеріальної активності ефірних олій [1];
- 2) метод ароматерапії – для вивчення ефективності ефірних олій як профілактичного засобу гострих респіраторних захворювань (ГРЗ);
- 3) метод анкетування за допомогою методики "Самопочуття, активність, настрій" (САН) [10];
- 4) метод вивчення захворюваності на ГРЗ серед учнів 11-х класів КПНЛ № 145 в різні періоди року;
- 5) статистичний метод – визначення достовірності результатів за коефіцієнтом Фішера.

Ароматерапія проводилася в навчальному приміщенні КПНЛ на уроці біології за допомогою аромаламп сумішшю ефірних олій лаванди та розмарину шовіторка і щоп'ятниці, а також ефірною олією сосни сибірської щочетверга.

Результати дослідження та їх обговорення. Для з'ясування антимікробних властивостей розмарину, лаванди та сосни сибірської використано метод паперових дисків. Результати антибактеріальної активності лавандової олій, ефірних олій розмарину лікарського та сосни сибірської представлено в таблицях 1, 2, 3 відповідно.

За результатами експериментальних даних, ефірна олія лаванди має антибактеріальну дію на кожний з досліджуваних тест-мікроорганізмів, крім *Pr. vulgaris*. Найбільш чутливими до дії лаванди виявилися культури *S. aureus* та *B. subtilis* з однаковим показником, що складає 12,4. Найменша чутливість у *C. albicans* – 6,86.

Усі досліджувані культури за шкалою антибактеріального впливу лавандової олії можна розмістити у такий ряд: *B. subtilis* > *S. aureus* > *S. flava* > *B. thuringiensis* > *P. aeruginosa* > *E. coli* > *C. albicans*, що дає змогу зробити висновок: ефірна олія лаванди є активнішою стосовно грампозитивних бактерій, найменше активна – до грамнегативних бактерій.

Антибактеріальну активність розмаринової олії представлено в таблиці 2.

Ефірна олія розмарину, як видно з таблиці 2, має антибактеріальну активність стосовно всіх тестових мікроорганізмів. Найбільш чутливою до її дії виявилися культури *Bacillus subtilis* та *S. aureus*, найменша чутливість до розмаринової олії у *P. vulgaris* та *C. albicans*. Ряд антимікробної активності має вигляд:

B. subtilis > *S. aureus* > *B. subtilis* > *B. thuringiensis* > *P. aeruginosa* > *S. flava* > *E. coli* > *C. albicans* > *Pr. vulgaris*. Таким чином, ефірна олія розмарину також є активнішою стосовно грампозитивних бактерій і також менш активна до грамнегативних.

Ефірна олія сосни сибірської характеризується антибактеріальною активністю до кожного з чотирьох досліджуваних мікроорганізмів, що представлено в таблиці 3.

Ефірна олія сосни сибірської характеризується антибактеріальною активністю до кожного з 4-х досліджуваних мікроорганізмів. Так, найбільш чутлива до її дії культура *Pr. vulgaris*, найменша чутлива – *S. aureus*. Ряд антибактеріального впливу: *Pr. vulgaris* > *P. aeruginosa* > *E. coli* > *S. aureus*. Отже, ефірна олія сосни сибірської є активнішою щодо грамнегативних бактерій. Найменша активність спостерігається стосовно грампозитивних бактерій.

Для детального вивчення впливу ефірних на самопочуття, настрої і активність учнів нами було здійснено експеримент за методикою САН [10].

За допомогою аромалампи використано ефірні олії сосни сибірської, розмарину й лаванди протягом 45 хвилин на уроці (тобто під час розумових навантажень) та проведено опитування учасників (96 учнів) до і після аромасеансу за допомогою тесту психоемоційного стану людини.

Як свідчать результати проведеного експерименту, унаслідок дії ефірної олії лаванди, самопочуття респондентів покращилося на 11,9%, настрої підвищилися на

7,2%, а активність зменшилася на 11,5%, що вказує на заспокійливі властивості лаванди. У свою чергу результати ароматерапії з використанням розмарину показали, що самопочуття, активність і настрої респондентів поліпшилися на 4,3%, 5,7%, 2,8% відповідно, незважаючи на те, що експеримент було проведено під час навчальної діяльності. Дослідження показників САН впливу ефірної олії сосни сибірської шляхом ароматерапії вказують також на підвищення показників самопочуття, активності та настрою на 5,9%; 5,9% і 8,4% відповідно.

Для з'ясування профілактичної дії ефірних олій на захворюваність на ГРЗ серед учнів 11-х класів (група "експеримент" і група "контроль" по 48 учнів у кожній) у КПНЛ № 145 проводилася ароматерапія в кабінеті біології, площею – 43 м²; висотою – 3,6 м; об'ємом – 155 м³. Для експерименту використовувалася ефірні олії, які мають відповідний дозвіл МОЗ України та реалізуються через аптечну мережу. Дослідження проводилося протягом трьох періодів найбільшого поширення гострих респіраторних захворювань, а саме: жовтень–листопад (2013); лютий–березень (2014); жовтень – листопад (2014).

Експеримент проведено за наступною методикою: 1. Провітрювання класної кімнати після попереднього

Таблиця 1.

Результати дослідження фітонцидних властивостей ефірної олії *Lavandula vera L.*

Тест-мікроорганізм	Зона гальмування, мм					Середнє значення
	Повторні дослідження					
	1	2	3	4	5	
Кишкова паличка, <i>Escherichia coli</i>	10	8	10	6,5	6,2	8,14
Протей звичайний, <i>Proteus vulgaris</i>	–	–	–	–	–	–
Кандида біляста, <i>Candida albicans</i>	7	6,5	7	6,8	7	6,86
Сарцина жовта, <i>Sarcina flava</i>	13,5	12	13	12	11	12,3
Турингійська паличка, <i>Bacillus thuringiensis</i>	10,5	15	14	9	14	12,4
Сінна паличка, <i>Bacillus subtilis</i>	14,5	9,5	15	9	14	12,4
Золотистий стафілокок, <i>Staphylococcus aureus</i>	14	9	14,5	10	14,5	12,4
Синегнійна паличка, <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	12	13,5	10	11,6	10	11,4

Таблиця 2.

Результати дослідження фітонцидних властивостей ефірної олії *R. officinalis L.*

Тест-мікроорганізм	Зона гальмування, мм					Середнє значення
	Повторні дослідження					
	1	2	3	4	5	
Кишкова паличка, <i>Escherichia coli</i>	9	7	5,1	7	6,5	6,92
Протей звичайний, <i>Proteus vulgaris</i>	6	5	5,5	6	5,5	5,6
Кандида біляста, <i>Candida albicans</i>	6	6,5	5	7	6	6,1
Сарцина жовта, <i>Sarcina flava</i>	9,5	8	9,5	8	7	8,4
Турингійська паличка, <i>Bacillus thuringiensis</i>	11,5	10,5	5	8	8	8,6
Сінна паличка, <i>Bacillus subtilis</i>	14	13	10	8,5	9,5	11
Золотистий стафілокок, <i>Staphylococcus aureus</i>	13,5	12	8	9,5	11	10,8
Синегнійна паличка, <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	10	9	8,5	6,5	8,5	8,5

Таблиця 3.

Результати дослідження фітонцидних властивостей ефірної олії *P. sibirica*

Тест-мікроорганізм	Зона гальмування, мм					Середнє значення
	Повторні дослідження					
	1	2	3	4	5	
Кишкова паличка, <i>Escherichia coli</i>	7	8	7	8	9	7,8
Протей звичайний, <i>Proteus vulgaris</i>	9	8	9	9	10	9
Золотистий стафілокок, <i>Staphylococcus aureus</i>	7	7	8	7	8	7,4
Синегнійна паличка, <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	8	7	8	8	9	8

заняття. 2. Приготування суміші ефірних олій розмарину та лаванди (по 10 крапель кожної + етиловий спирт – 1 мл на 20 крапель олії + 100 мл води) з інтенсивним збовтуванням приготованої суміші. 3. Сеанс ароматерапії – 20 хв.

Ароматерапія проводилася щовівторка (олія розмарину), щочетверга (олія лаванди) та щоп'ятниці (олія сосни) при шестиденному навчальному тижні у 1 групі (класи "А" і "Б").

Проведений експеримент показав, що:

1) восени 2013 року у першій групі, яка піддавалася впливу ефірних олій, захворюваність менша на 47,05% за жовтень і 45,0% за листопад 2013 року відносно контрольної групи;

2) у лютому й березні 2014 року захворюваність у першій групі менша на 61,54% і 56,25% відповідно;

3) за жовтень-листопад 2014 року захворюваність у першій групі менша на 41,67% і 57,14%.

Таким чином нами встановлено, що за допомогою застосування ефірних олій можна значно знизити рівень захворюваності учнівської молоді. Результати спостереження кількості випадків та захворюваності на ГРЗ серед школярів представлено в таблиці 4.

Водночас варто звернути увагу на дослідження Куїнджи Н.М. [12], яка констатує, що максимальна увага та активність учнів тримається протягом двох тижнів від початку навчання, а з кожного п'ятого тижня починається спад активності, тобто накопичення втоми. Зазначимо, що виникненню втоми перешкоджає чергування розумової діяльності з фізичними вправами та активним відпочинком, які активізують роботу органів дихання і кровообігу.

Таким чином, зважаючи на експериментально підтверджені властивості ефірних олій, а також їх доступність, можна зазначити, що вони оптимально підходять для підвищення навчальної діяльності, зняття стресу і профілактики респіраторних захворювань.

Тому, з метою поліпшення самопочуття, зміцнення здоров'я, покращення показників навчання учнів, студентів пропонується:

1) запровадити в навчальних закладах через кожні 5–6 тижнів сеанси ароматерапії для підвищення активності студентів (за допомогою ефірних олій розмарину та сосни сибірської);

2) починаючи із середини жовтня (коли збільшується захворюваність на ГРЗ) здійснювати санацію повітря в аудиторіях, класах, застосовуючи дані ефірні олії;

3) перед іспитами, заліками проводити ароматерапію олією сосни сибірської та розмарину, який зміцнює пам'ять і підвищує імунітет;

4) для рекреації (зняття втоми і напруження) використовувати ефірну олію лаванди.

Висновки. Досліджено вплив ефірних олій розмарину, лаванди справжньої та сосни сибірської на деякі тест-мікроорганізми. Результати експерименту по вивченню впливу ефірної олії лаванди дозволяють побудувати такий ряд антимікробної активності досліджуваних ефірних олій: *B. subtilis* > *S. aureus* > *S. flava* > *B. thuringiensis* > *P. aeruginosa* > *E. coli* > *C. albicans*. Антимікробна активність ефірної олії розмарину може бути представлена у вигляді ряду: *B. subtilis* > *S. aureus* > *B. thuringiensis* > *P. aeruginosa* > *S. flava* > *E. coli* > *C. albicans* > *Pr. vulgaris*.

Ефірна олія сосни сибірської характеризується антибактеріальною активністю до кожного з чотирьох досліджуваних мікроорганізмів у такій послідовності: *Pr. vulgaris* > *P. aeruginosa* > *E. coli* > *S. aureus*. Аналіз вище наведених даних дозволяє констатувати, що ефірні олії лаванди та розмарину виявляють більшу антимікробну дію відносно *грампозитивних* бактерій, і менше активні відносно *грамнегативних* бактерій, в той час, ефірна олія сосни сибірської має більшу антибактеріальну активність відносно *грамнегативних* бактерій. Досліджено вплив ефірних олій лаванди та розмарину як профілактичного засобу та показана ефективність запропонованої нами методики щодо оптимізації повітряного середовища шкільних приміщень та зниження захворюваності на ГРЗ серед школярів.

За допомогою методики САН проведено дослідження впливу ефірних олій лаванди, розмарину та сосни сибірської на психоемоційний стан школярів та студентів. Показано, що ефірна олія лаванди поліпшує *самопочуття* на 7,5%, *настрій* на 12% на фоні незначного релаксаційного ефекту. У свою чергу експеримент ароматерапії за допомогою ефірної олії розмарину та сосни сибірської показав, що в процесі навчальної діяльності покращується не тільки самопочуття респондентів, а й настрій та їх активність.

Таблиця 4.

Кількість випадків (абс.) і захворюваність (у %) на ГРЗ серед учнів в різні періоди року

		Жовтень 2013	Листопад 2013	Лютий 2014	Березень 2014	Жовтень 2014	Листопад 2014
І група (48 осіб), експеримент	11 А клас	3	5	2	3	2	5
	11 Б клас	6	6	3	4	5	4
	Усього, абс.	9	11	5	7	7	9
	Захворюваність, %	18,75	22,91	10,41	14,58	14,58	18,75
II група (48 осіб), контроль	11 В клас	12	13	9	9	7	11
	11 Г клас	5	8	4	7	5	10
	Усього, абс.	17	21	13	16	12	21
	Захворюваність, %	35,41	43,75	27,08	33,2	25,0	43,75
Достовірність за коефіцієнтом Фішера (по відношенню до контр. групи)		p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,01	p<0,05
Зміна захворюваності у % між I-ою та II-ою групами (менше на)		47,05	45,0	61,54	56,25	41,67	57,14

Проведені нами дослідження дозволяють популяризувати використання фітонцидних та психостимулюючих властивостей ефірних олій для деконтамінації повітряного середовища навчальних приміщень та профілактики захворювань, які передаються повітряно-крапельним шляхом.

Рецензент: член-кор. НАМН України, д.мед.н.,
професор Яворовський О.П.

ЛІТЕРАТУРА

1. Поздеев О.К. Медицинская микробиология / О.К. Поздеев; под ред. акад. В.И. Покровского. – М.: Готар мед., 2010. – 768 с.
2. Георгієвський А.Б. Біологічно-активні речовини лікарських рослин / А.Б. Георгієвський. – М.: Наука, 1990. – 164 с.
3. Полная энциклопедия народной медицины: в 2-х т. – Москва, 1998.
4. Сайт Інституту ботаніки ім. Холодного НАНУ. – Режим доступу: www.botany.kiev.ua.
5. Соколов С.Я., Замотаев И.П. Справочник по лекарственным растениям / С.Я. Соколов, И.П. Замотаев. – М., 2005.

6. Токин Б.П. Губители микробов – фитонциды / Б.П. Токин. – М.: Советская Россия, 1960. – 73 с.
7. Антибиотики: сб. исследований под ред. В.Г. Дроботько. – К.: АН УССР, 1998. – 67 с.
8. Фитонциды в медицине: сб. под ред. В.Г. Дроботько. – К.: АН УССР, 1959. – 93 с.
9. Фитонциды в медицине, в сельскохозяйственной и пищевой промышленности: сб. под ред. В.Г. Дроботько. – К.: Изд-во АН УССР, 1960. – 122 с.
10. Здоровьесберегающие технологии в подготовке специалистов [Текст]: учеб.-метод. пособие / С.О. Гримблат, В.П. Зайцев, С.И. Крамской. – Х.: Коллегиум, 2005. – 182 с.
11. Лозинский В.С. Техники збереження здоров'я / В.С. Лозинський. – К.: Главник, 2007. – 160 с.
12. Пути формирования здоровья школьников / Н.Н. Куинджи. – Москва, 2000. – 139 с.
13. http://moz.gov.ua/ua/portal/net_med_jprotiv.html.
14. <http://www.unn.com.Ua/uk/news/1174426-vooz-pidbilapidsunki-2012-roku>.
15. <http://www.apteka.ua/articie/61746>.
16. Шляпников В.А. Проблемы эфиромасличного производства в Украине: научн. доклад / В.А. Шляпников. – Симферополь, 2012.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИТОНЦИДНЫХ И ПСИХОСТИМУЛИРУЮЩИХ СВОЙСТВ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ УЧЕБНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Веденеев В.Д., Омельчук С.Т.,
Кузьминская А.В., Гринзовский А.М.

Национальный медицинский университет
имени А.А. Богомольца, г. Киев, Украина

Резюме. Исследованы фитонцидные свойства эфирных масел розмарина лекарственного, лаванды настоящей, сосны сибирской по отношению к условно-патогенным бактериям, а также влияние этих масел на такие показатели как самочувствие, настроение и заболеваемость учеников школ. Составлен алгоритм рационального использования исследуемых эфирных масел для оптимизации воздушной среды учебных помещений.

Ключевые слова: лаванда настоящая, розмарин лекарственный, сосна сибирская, антибактериальная активность, фитонцидные свойства и психостимулирующий эффект, учебные помещения, эфирные масла, воздушная среда.

THE USAGE OF PHYTONCIDIC AND PSYCHOSTIMULANT PROPERTIES OF ESSENTIAL OILS FOR THE OPTIMIZATION OF AIR ENVIRONMENT IN CLASSROOMS

V.D. Vyedyenyeyev, S.T. Omelchuk,
O.V. Kuzminska, A.M. Grinzovsky
Bogomolets National Medical University, Kiev, Ukraine

Summary. Phytoncidic investigated properties of essential oils of rosemary officinalis, Lavandula and Siberian pine with respect to opportunistic bacteria on the child's body, and the impact of oil on indicators such as health, activity, mood and morbidity pupils in school. It was done an algorithm of rational usage of essential oils studied to optimize the air environment in classrooms.

Key words: optimize the air environment, classrooms, opportunistic bacteria, rosemary officinalis, lavandula, siberian pine, phytoncidic properties, morbidity pupils.